GRAĐEVINAR

7

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XIX SRPANJ 1967

NEBODER U BJELOVARU, GRAĐENU KOMBINACIJI BETON—SIPOREKS

IZVELO GRAĐEVNO PODUZEĆE »GRAĐEVINAR« — IVANIĆ GRAD

9596

»GRAĐEVINAR«

GOD. XIX BROJ 7

SADRŽAJ

SURADNICI
OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAČAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.
Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Tek. rač. kod SDK 301-8-2331
Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

19-И ГОД ИЗДАНИЯ 7 — 1967.

СОДЕРЖАНИЕ

»GRAĐEVINAR«

VOL. 19 7 — 1967.

Journal of the Society of Civil Engineers of Croatia

CONTENTS

SDK 301 – 8 – 2331

je novi broj žiro računa uredništva

GRAĐEVINAR

GRAĐEVINAR

God. XIX Srpanj 1967 Broj 7

TEHNIČKI PROPISI I SIGURNOST KONSTRUKCIJA

Ing. Vuk Milčić, »Metal-projekt« — Zagreb

Uvod

U sklopu našeg aktualnog problema današnje građevinske regulative, najbitnijeg je značenja za konstruktorsku praksu revidiranje i kompletiranje tehničkih propisa u oblasti građevinarstva. Ovaj značajan i opsežan posao zahtijeva prije svega upoznavanje konstruktorske problematike u vezi s primjenom propisa zbog zacrtavanja djelokruga i svrhe novih tehničkih propisa. U tom cilju održana su u prošloj godini savjetovanja konstruktora na kojima su izlagana mišljenja o tome što očekujemo od novih tehničkih propisa.

Ovaj članak ima također svrhu iznijeti jedno mišljenje o problematici tehničkih propisa, i to u onom području koje se odnosi na sigurnost konstrukcija.

Karakter tehničkih propisa

Prije nego postavimo pitanje što očekujemo od tehničkih propisa za konstruktorsku praksu, potrebno je razjasniti značenje ovog akta građevinske regulative kao i razgraničiti ga od ostalih akata (uputstava, preporuka i standarda). Očito je, jer tako i samo ime »propis« kaže, da je to akt, kojim zajednica, preko svojih izvršnih organa, propisuje nešto čime smatra da štiti opće interese društva, a logično je da predviđa i odgovarajuće sankcije za nepridržavanje njenog propisa, a uslijed čega nastupa ili se stvara mogućnost nastupanja štete zajednici.

Građevinski propis, za područje primjene u konstruktorskoj praksi, ima u pogledu štićenja interesa društva samo jedan smisao, a taj je zahtijevanje dovoljne sigurnosti građevinskog objekta tj. zahtijevanje određenog stepena sigurnosti nosive konstrukcije.

Pod pojmom stepen sigurnosti valja podrazumijevati zahtjeve da vjerojatnost otkazivanja nosivosti konstrukcije bude ispod neke određene vrijednosti. (Ovdje pojam otkazivanja nosivosti ima znatno širi smisao. Pod njime ne podrazumijevamo samo urušavanje konstrukcije ili nekog njenog dijela, već i takvo deformiranje konstrukcije da objekt ili njegov dio prestaju biti upotrebljivi, tj. da nastupa gubitak funkcionalnosti.

Budući da nema apsolutno sigurne konstrukcije, to je jedino zajednica pozvana da utvrdi koju vjerojatnost otkazivanja nosivosti smatra za pojedinu vrst objekta prihvatljivom, i to kako u pogledu ekonomičnosti i općeg tehničkog nivoa zemlje, tako i sa stanovišta društveno-političkih obzira.

Smatra se da kod izvedenih građevinskih objekata danas ove vjerojatnosti otkazivanja nosivosti konstrukcija variraju od 10^{-4} do 10^{-7}. Tj. kod istovrsnih objekta (projektiranih, izvedenih i eksploatiranih pod sličnim uslovima) dolazi u njihovom vijeku trajanja do otkazivanja nosivosti kod jednog od svakih 10.000 do 10,000.000. Unutar ovih granica treba odabrati za svaku vrst objekta, prema njegovom značenju iz aspekta ekonomskog, tehničkog i društvenog, veću ili manju vjerojatnost otkazivanja nosivosti, i to za objekte malog privrednog značenja kojih urušavanje ne ugrožava ljudske živote — obično maksimalnu, a za objekte od vitalnog značenja za zajednicu — minimalnu sigurnost. Drugim riječima, za svaku vrst objekta treba propisati određeni stepen sigurnosti.

Očito je da odluka o zahtjevanom stepenu sigurnosti ne može biti prepuštena pojedincu, pa makar kakvo veliko stručno znanje i široko tehničko iskustvo posjedovao. To mora biti odluka zajednice i osnovni sadržaj propisa.

Druga je, međutim, stvar kako ostvariti ovaj zahtijevani stepen sigurnosti pri realizaciji objekta (projektiranje i izvođenje). Tu dolazi do izražaja stručno znanje i tehničko iskustvo kadrova koji ucrtavaju put za postizavanje glavnog cilja — dovoljne sigurnosti objekta. Taj put može biti samostalan za pojedine istaknute stručnjake, a može biti opći kroz primjenu određenih uputstava izdanih bilo od organa uprave, bilo od privrednih udruženja i stručnih organizacija.

Na žalost, mi danas nismo u stanju izlučiti tako oštro stepen sigurnosti izražen zakonom vjerojatnosti od postupka, kojim taj stepen kanimo postići. Naime, mi danas još uvijek, a vjerojatno i još za dugi period, nemamo druge mogućnosti postizavanja dovoljne sigurnosti konstrukcije nego samo na bazi dimenzioniranja pomoću tzv. koeficijenata sigurnosti, a to je zapravo pokušaj postizavanja neke određene vjerojatnosti protiv otkazivanja nosivosti, propisivanjem postupka realizacije objekta odnosno konstrukcije.

Sami tim zamagljuje se stvarno značenje pojma sigurnosti, i što je još važnije, propisivanje određenog načina ne mora ni voditi do željenog stepena sigurnosti, već do većeg ili manjeg, a da se on uopće eksplicitno ne može iskazati.

U samom današnjem našem postupku postizavanja željenog stepena sigurnosti konstrukcija, odlučujuće značenje ima:

1. Tačnost predviđanja opterećenja (zapravo uslova pod kojima će konstrukcija biti u eksploataciji)

2. Adekvatnost postupka dimenzioniranja konstruktivnom oblikovanju, uslovima eksploatacije i kvalitetu materijala i izvedbe

3. Ostvarenje pretpostavljene kvalitete materijala i izvedbe.

Veća ili manja odstupanja i kolebanja stvarnih veličina navedenih u 1. do 3. od odabranih u našem postupku ocjene nosivosti konstrukcije tj. u tzv. dokazu čvrstoće i stabilnosti (pogrešno nazvanom »statički proračun«), mi pokrivamo uvođenjem koeficijenata sigurnosti, kojima ostavljamo svjesno rezervu između računskih naprezanja i kritičnog naprezanja za koje smatramo da bi dovelo do otkazivanja nosivosti konstrukcije.

Očito je da ovakav postupak sadrži u sebi toliko parametara, koje treba ocijeniti i manje-više proizvoljno odabrati, da je konačni cilj dobivanja konstrukcije određenog stepena sigurnosti, odnosno određene vjerojatnosti protiv otkazivanja nosivosti, ostao nedostignut, naime mi možemo ocijeniti sigurnost pojedine konstrukcije samo u vrlo širokim granicama.

Uključimo li u razmatranje i to, da mi uopće u postupku dimenzioniranja i ne promatramo konstrukciju kao cjelinu nego samo njene pojedine elemente, onda postaje jasno koliko su neujednačeni stepeni sigurnosti ne samo pojedinih konstrukcija istog tipa objekta nego i samih elemenata iste konstrukcije.

Ako rezimiramo izloženo, vidimo:

1. Zajednica ima samo jedan interes, a taj je propisati stepen sigurnosti konstrukcije za određenu vrst objekta. To bi trebala biti osnovna svrha propisa.

2. Put za postizavanje tog cilja, zahtjevanog stepena sigurnosti, pitanje je tehničke nauke i stručnog znanja, koji su u stalnom razvitku. Način prenošenja novih spoznaja i znanja na šire stručne kadrove obavlja se preko uputstava i preporuka.

3. Danas nismo u mogućnosti odrediti propisom isključivo samo eksplicitno zahtijevani stepen sigurnosti, jer nam današnji postupak njegovog praktičnog ostvarenja to još ne dopušta. Prisiljeni smo propisom odrediti put odnosno postupak realizacije konstrukcije, kojim implicitno dobivamo i pretpostavljeni stepen sigurnosti u vrlo širokim granicama.

4. Da ne kočimo primjenu novih spoznaja i znanja u konstruktorskoj praksi, a time i doprinos bržem ujednačenju stepena sigurnosti kako unutar elemenata iste konstrukcije tako i između objekata iste vrste, treba propisom zacrtati samo osnovne smjernice puta za postizavanje određenog stepena sigurnosti. Razrada detalja ovog puta treba biti sadržaj uputstava i preporuka.

Prema tome od propisa ne bi trebali očekivati da oni budu detaljno uputstvo, udžbenik, za projektiranje, izvođenje i nadzor konstrukcija. Propis treba samo, za dulji period, široko zacrtati smjernice djelovanja konstruktorske prakse na čitavom našem teritoriju u pogledu postizavanja određenog stepena sigurnosti objekta. Propis dopunjen uputstvima i preporukama, koji se odnose za kraći period i prilagođeni regionalnim prilikama i momentanom tehničkom nivou, osigurava postizavanje konačnog cilja dovoljnog stepena sigurnosti konstrukcije.

Stepen sigurnosti i koeficijent sigurnosti

Ako želimo, kod sastavljanja tehničkih propisa za konstruktorsku djelatnost, postići osnovnu svrhu, dobivanje konstrukcije dovoljne sigurnosti, moramo najprije raščistiti značenje ovog pojma.

Pod pojmom dovoljne sigurnosti neke konstrukcije podrazumijevamo da ona posjeduje onaj stepen sigurnosti koji sa stanovišta ekonomičnosti, tehničkog nivoa i društveno-političkog obzira smatramo još prihvatljivim. Definicija pojma stepen sigurnosti bazira na jedinoj sumjerljivoj (komenzurabilnoj) veličini za sve različite vrste konstrukcija, a ta je vjerojatnost otkazivanja njihove nosivosti. Prema tome, kao određeni stepen sigurnosti neke konstrukcije možemo utvrditi broj jednak vjerojatnosti otkazivanja njene nosivosti; tj. određeni stepen sigurnosti znači da dopuštamo da kod neke vrste konstrukcije (npr. za masivne mostove, za stambene ili industrijske zgrade sa čeličnim skeletom, za prednapregnute ili drvene antenske stupove itd.) u njihovom vijeku trajanja dolazi do urušavanja ili deformacija koje povlače gubitak funkcionalnosti objekta najviše jedamput na određeni broj izgrađenih objekata (izraženo npr. kao 10^{-5}).

Mi, međutim, u našoj konstruktorskoj praksi uopće ne operiramo s ovim pojmom »stepen sigurnosti« već s jednim drugim pojmom »koeficijent sigurnosti«. Pod tim pojmom mi obično podrazumijevamo odnos nekog određenog kritičnog naprezanja ili opterećenja za koje pretpostavljamo da bi dovelo do otkazivanja nosivosti čitave konstrukcije (ili nekog njenog bitnog elementa), naprama našem računskom naprezanju ili opterećenju za koje smatramo da će faktično nastupiti u konstrukciji (odnosno nekom njenom elementu), prilikom eksploatacije objekta.

Ovaj odnos (računski izražen kao koeficijent) mi odabiremo po brojčanoj vrijednosti uvijek znat-

no većim od jedinice. Očito da već time što ga odabiremo znatno većim od jedinice mi priznajemo da u odnosu operiramo sa veličinama dobivenim iz parametara, koji nisu jednoznačno određeni, čak možemo reći koji su proizvoljno određeni u više ili manje širokim granicama.

Tako utvrđene veličine ne mogu se, jasno, uspoređivati, niti za razne elemente unutar iste konstrukcije, a kamoli za razne vrste objekta.

Prema tome, koeficijent sigurnosti nije veličine za eksplicitno mjerilo sigurnosti naših konstrukcija. Znači, uz isti koeficijent sigurnosti prilikom dimenzioniranja elemenata čak i u istoj konstrukciji mi ćemo dobiti različite stepene sigurnosti, tj. konstrukciju neujednačene sigurnosti, što u krajnjoj liniji znači ili nedovoljno sigurnu ili nedovoljno ekonomičnu.

O ovome treba voditi računa prilikom sastavljanja propisa za određenu vrst konstrukcija tj. varirati ili koeficijent sigurnosti ili kritična i računska opterećenja (odnosno naprezanja) tako da po mogućnosti dobijemo elemente konstrukcije približno jednakog stepena sigurnosti, kada već ne možemo eksplicitno izraziti za svaki elemenat (ili čak konstrukciju) njegov stvarni stepen sigurnosti.

Za ilustraciju odnosa pojma stepen sigurnosti i koeficijenta sigurnosti mogu poslužiti grafički prikazi obrade statističkih podataka o nosivosti i o nastupanju ekstremnog opterećenja za niz istovrsnih konstrukcija (ili njenih elementa). Vidi diagrame učestalosti na priloženoj slici.

Dijagrami učestalosti

a — nosivosti tj. kritičnog opterećenja ili naprezanja

b — faktičnog ekstremnog opterećenja odnosno naprezanja.

Objašnjenje uz dijagrame

Os »X«: Veličina Q koja pokazuje intenzitet opterećenja odnosno naprezanja

Os »Y«: Broj slučajeva u relativnom iznosu (odnos prema ukupnom broju slučajeva)

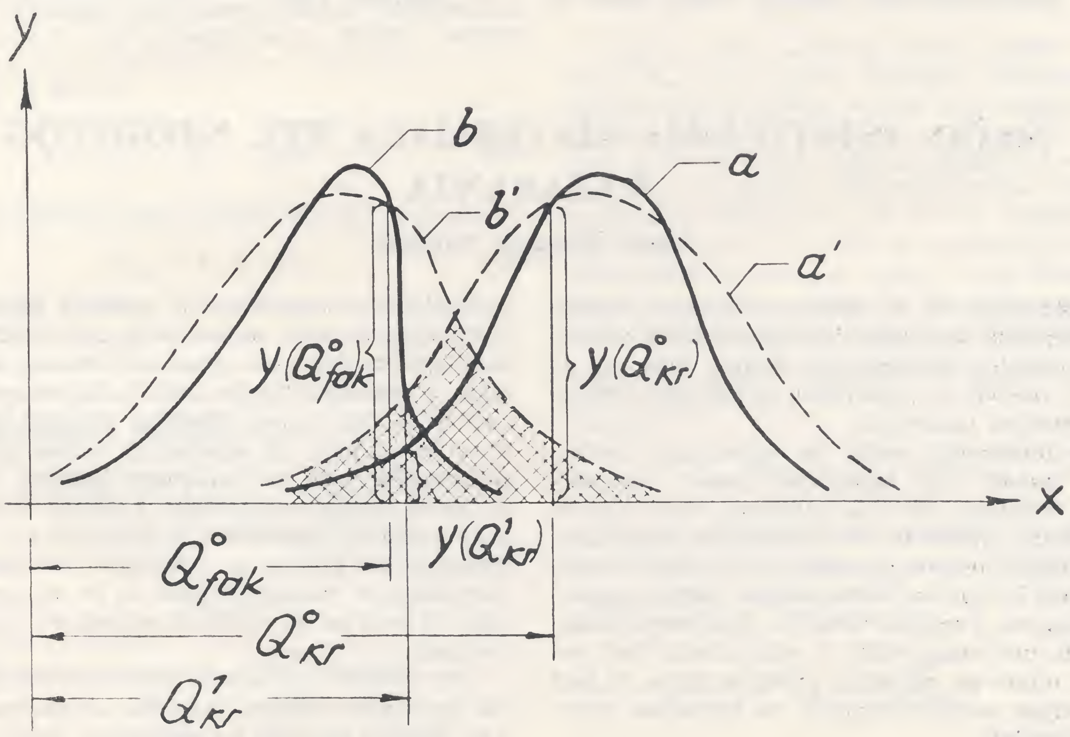
a — krivulja = Y_{Kr}: Dijagram učestalosti (broj slučajeva) različitih nosivosti konstrukcija

b — krivulja = Y_{fakt} : Dijagram učestalosti (broj slučajeva) različitih faktično nastupljenih ekstremnih opterećenja odnosno naprezanja konstrukcije

Q^0_{Kr} : Odabrano kritično opterećenje odnosno naprezanje u računskom postupku dimenzioniranja

Q^0_{fakt} : Odabrano faktično ekstremno opterećenje odnosno naprezanje u računskom postupku dimenzioniranja.

$$Y = \frac{Q^0_{Kr}}{Q^0_{fakt}} = \text{koeficijent sigurnosti}$$



Dijagrami učestalosti

$\int_{x=0}^{\infty} Y_{Kr} \cdot dx = 1$ Normiranost funkcije proizlazi iz definicije relativne učestalosti

$\int_{x=0}^{\infty} Y_{fakt} \cdot dx = 1$

Q^1_{Kr} : proizvoljno odabrana određena nosivost

$\int_{x=q^1_{Kr}}^{\infty} Y_{fakt} \cdot dx$: vjerojatnost nastupanja faktičnog ekstremnog opterećenja odnosno naprezanja većeg od Q^1_{Kr}

$Y(Q^1_{Kr}) \cdot dx$: vjerojatnost izvedbe konstrukcije nosivosti Q^1_{Kr}.

Za slučaj izvedbe konstrukcije nosivosti Q^1_{Kr} postoji mogućnost otkazivanja nosivosti samo za sve Q_{fakt} jednako ili veće od Q^1_{Kr}.

Vjerojatnost ovog otkazivanja nosivosti iznosi:

$$p^1_{Kr} = Y(Q^1_{Kr}) \cdot dx \cdot \int_{x=q^1_{Kr}}^{\infty} Y_{fakt} \cdot dx,$$

Prema tome ukupna vjerojatnost otkazivanja nosivosti, tj. stepen sigurnosti, za ovu vrst konstrukcije iznosi:

$$p_T = \int_{x=0}^{\infty} Y(Q_{Kr}) \cdot dx \cdot \int_{x=q_{Kr}}^{\infty} Y_{fakt} \cdot dx$$

Iz dijagrama je vidljivo da je ova vjerojatnost, tj. stepen sigurnosti, samo funkcija preklapanja površina krivulja Y_{fakt} i Y_{Kr}, dok je koeficijent sigurnosti kao omjer odabranih veličina Q^0_{Kr} i Q^0_{fakt} nezavisan o obliku ovih krivulja.

Prema tome, uz isti koeficijent sigurnosti u postupku dimenzioniranja možemo dobiti mali ili veliki faktični stepen sigurnosti, već prema tome da li su silazni krak krivulje Y_{fakt} i uzlazni krak krivulje Y_{Kr} strmi ili blagi. (Vidi sliku: pune krivulje i crtkane krivulje a, b i a', b'.)

Variranjem koeficijenata sigurnosti te odabranih računskih kritičnih ili faktičnih ekstremnih opterećenja odnosno naprezanja, možemo i kod velike i kod male disperzije veličina Q_{Kr} i Q_{fakt} dobiti traženi stepen sigurnosti.

Zaključak

Osnovna svrha tehničkog propisa za konstruktersku praksu treba biti postizavanje određenog stepena sigurnosti izgrađenog objekta, tj. zadržavanje u određenim granicama vjerojatnosti otkazivanja nosivosti konstrukcije.

Danas naši tehnički propisi određuju, međutim, samo vrijednosti koeficijentima sigurnosti. Uz istu propisanu veličinu koeficijenta sigurnosti za razne elemente i jedne te iste konstrukcije mogu se dobiti vrlo različiti stepeni sigurnosti, što dovodi ili do nedovoljno sigurnih ili do vrlo neekonomičnih konstrukcija.

Prilikom izrade novih tehničkih propisa treba variranjem uskladiti koeficijente sigurnosti s propisanim računskim opterećenjem, postupcima proračuna i otpornostima materijala, tako da izgrađeni objekti postignu određeni stepen sigurnosti kroz ujednačenu vjerojatnost otkazivanja nosivosti svih elemenata konstrukcije.

Lit.: Sigurnost konstrukcija »Građevinska knjiga« Beograd, 1963.

NAČIN ISPITIVANJA MATERIJALA BEZ NJEGOVOG RAZARANJA

Bruno Tartaglia, Sarajevo

U nastojanju da se osobine materijala utvrde i bez njegovog razaranja (tj. neposrednim određivanjem njegove čvrstoće pri slomu), došlo se do nekoliko metoda za prethodno određivanje mehaničkih osobina materijala.

Najjednostavniji način je određivanje deformacija (nekad i na maketama) putem tenzometrijskog mjerenja. Ovo se mjerenje može obaviti mehaničkim, optičkim ili električnim aparatima.

Mehaničke metode pomoću čekića daju tvrdoću materijala iz koje se deduktivnim putem izračunava njegova čvrstoća. Ova se ispitivanja obavljaju bilo udarcima čekića u vidu klatna koji periodički udara na površinu probnog tijela, ili pak utiskivanjem čeličnih kuglica na izbrušenu površinu materijala.

Dinamičke metode ispitivanja materijala služe za određivanje njihovih elastičnih osobina i za pronalaženje nedostataka u gotovoj konstrukciji. Dinamičke metode osnivaju se na direktnom ili indirektnom kretanju elastičnih valova koji nastaju u probnom tijelu uslijed djelovanja raznih oscilatora. Mjerenjem vlastitog titranja, tj. metodom rezonancije, ili mjerenjem brzine prolaženja mehaničkog vala, tzv. metodom impulsa, dobivaju se karakteristike materijala probnog tijela izražene modulom elasticiteta E, modulom smicanja G, Poissonovim brojem μ. Rezultati dobijeni ovim metodama se razlikuju (kako će se na kraju iznijeti) ali veći su od statičkih vrijednosti navedenih osobina.

Pri metodi rezonancije ispitivanja se obavljaju na pravilnim tijelima, kao što su prizme, kocke i sl. Metoda impulsa ne uslovljava oblik probnog tijela i može se primijeniti na već izvedenim konstrukcijama.

Primjenjujući metodu rezonancije izazivaju se vlastita titranja, uzduž, poprijeko i torzijalno. Iz uslovljene frekvencije i amplitude mogu se na principu klasičnih postupaka iz mehanike odrediti E, G i μ.

Aparatura se sastoji od oscilatora za slanje impulsa promjenjive frekvencije, da bi u probnom tijelu izazvale adekvatne vibracije. Ovo se, prolazeći kroz probno tijelo, projicira na indikatoru koji se nalazi na suprotnom njegovom kraju. Indikator pokazuje amplitude proporcionalne naponima koje registrira. Amplituda je najveća kad su jednake frekvencije mehaničkog impulsa i vlastite oscilacije probnog tijela. Snimač na drugom kraju probnog tijela registrira napone proporcionalno amplitudi. Dobri su snimači elektromagnetski ili piezomehanički, koji su spojeni preko pojačala s indikatorom.

Općenito je uzdužno talasanje dato izrazom:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v^2_{po} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{1}$$

gdje je:

u pomak u smjeru titranja kao funkcija vremena, tj. promjena vremena,

Brzina v_{po} može se izraziti sa:

$$v = \sqrt{\frac{gE_{rez}}{\gamma}} \tag{2}$$

zapreminska težina materijala,

ubrzanje zemljine teže.

Izraz predstavlja jednoliko postupno širenje valova. Osnovna frekvencija uzduž oscilirajućeg štapa koji je na polovini svoje dužine poduprt $(\lambda = \frac{1}{2} l)$ bit će

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{E_{rez}}{\varrho}} \tag{2a}$$

a dinamički modul elasticiteta pri rezonanciji:

$$E_{rez} = 4 \cdot f^2 \cdot l^2 \varrho \tag{3}$$

Ukoliko bi štap bio duži od najmanjeg presjeka, to se poprečna titranja mogu zanemariti. U suprotnom slučaju mora se uvesti korektura i računati po Rayleighovoj energetičkoj metodi sa:

a) pravokutni presjek:

$$E_{rez} = 4 \cdot f^2 \cdot l^2 \varrho \left(1 + \frac{n^2 (b^2 + h^2) \mu^2}{2l^2}\right) \tag{3a}$$

gdje je:

h visina,

b širina presjeka.

Poissonova konstanta, n red titranja;

b) za kružni presjek

$$E_{rez} = 4 \cdot f^2 \cdot l^2 \cdot \varrho \left(1 + \frac{n^2 r^2 \mu^2}{2 \cdot l^2}\right) \tag{3b}$$

gdje je:

r radijus.

Istim se načinom ispituju oscilacije od bočnih napadnih sila, s tom razlikom, što je tijelo poduprto na dva oslonca koja su 0,225 l od krajeva udaljena, dakle, prosti nosač sa dva jednaka prepusta po 0,225 l. Pravila za ove oscilacije su složenija negoli ranija za uzdužnu silu. Polazi se od jednadžbe za progib y po Rayleighu.

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{l^2 \cdot E}{\varrho} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \tag{4}$$

je progib u smjeru bočne sile.

Rješenjem ove diferencijalne jednadžbe 4. reda dobiva se za frekvenciju:

$$f_{popr} = \frac{k^2 l}{2\pi i^2}\sqrt{\frac{Eg}{\gamma}} \tag{5a}$$

odnosno za modul elasticiteta.

$$E_{rze} = \frac{4\pi^2 l^4 f^2_{popr} \varrho}{k^4 \cdot i^2} \tag{5b}$$

pri čemu je k zavisan od načina podupiranja i reda oscilacije. Tako je za prvi red $k_1 = 4{,}73$, za drugi $2_2 = 7{,}853$ i za treći $k_3 = 10{,}995$.

Kod prijašnjeg izvoda nije se vodilo računa o nekim pojavama kao što su smicanje, poprečna deformacija, momenat inercije. Iz tog razloga se izrazi sa E_{rez} dopunjuju:

$$E_{rez} = 0{,}0789\, cl^4 f^2_{popr} \frac{1}{i^2} \tag{5c}$$

Daljnji način kojim se može odrediti frekvencija i E_{rez} jest pomoću torzionih oscilacija. Način podupiranja je sličan onome kod ispitivanja uzdužnih oscilacija. Oscilator se nalazi u gornjem uglu probnog tijela, dok je registrator u suprotnom uglu na glavnoj dijagonali tijela. I kod ovog ispitivanja izmjere se, pri prvom snimanju, vlastite frekvencije, a iz njih se izračunaju ostale karakteristike materijala. Uslijed ovog položaja sile dolazi na probnom tijelu do torzionih napona. Taj se način upotrebljava da bi se odredio modul smicanja G_{rez}. Ako je specifična torziona jedinica $\frac{d\varphi}{dx}$ onda je:

$$M_{tor} = \frac{\partial\varphi}{\partial x} G_{rez} J_{tor} \tag{6a}$$

J_{tor} je momenat torzione krutosti i ima dimenzije momenta inercije, tj. cm^4. Matematički se, osim za puni kružni presjek gdje je $J_{tor} = J_{pol}$, ne može izvesti. St. Venan izvodi

$$J_{tor} = \frac{F^4}{40 J^2_{pol}} \tag{6b}$$

što, kako se danas zna, ne može da predstavlja opću teoriju.

Osim za kružni presjek, moramo se služiti gotovim obrascima iz raznih priručnika.

Jednadžba kretanja je:

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} \cdot \frac{G}{\varrho} \cdot \frac{J_{tor}}{J_{pol}} \qquad (7a)$$

Odnosno, ako se uvede za:

$$V = \sqrt{\frac{G_{tor}}{\varrho} \cdot \frac{J_{tor}}{J_{pol}}} \qquad (7b)$$

bit će frekvencija torzije.

$$f_{tor} = \frac{V}{2l} = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{J_{tor}}{J_{pol}} \cdot \frac{G}{\varrho}} \qquad (8)$$

ako je $n = 1, 2, 3 \ldots$

Modul smicanja bit će:

$$G_{tor} = \frac{4l^2 f^2_{tor}\,\varrho}{n^2} \cdot \frac{J_{pol}}{J_{tor}} \qquad (9a)$$

Odnos $\frac{J^s_{pol}}{J_{tor}}$ koji je za krug jednak 1, iznosi za kvadrat 1,183, a za pravokutni presjek približno:

$$\frac{J_{pol}}{J_{tor}} = \frac{\frac{b}{h} + \frac{h}{b}}{4\frac{b}{h} - 2{,}52\left(\frac{b}{h}\right)^2 + 0{,}21\left(\frac{b}{h}\right)^6} \qquad (9b)$$

Ultrazvučna metoda spada u dinamičke metode koje pomoću mjerenja brzine širenja elastičnog talasanja određuju karakteristike materijala. Ova metoda, akustičnog vibriranja za razliku od ispitivanja pomoću rezonancija, može se primijeniti na tijela nepravilnih oblika, eventualno i na već izvedenim konstrukcijama. U tu svrhu su konstruirani takvi instrumenti, koji služe za određivanje vremenskog intervala za prolazak tlačnog vala kroz probno tijelo. Ako se na tijelo prenesu ultrakratki valovi, oni će se u njemu raširiti talasanjem u tri pravca: uzdužni u smjeru impulsa, poprečni valovi od tangencijalnih napona, i površinski, tj. Rayleighovi valovi, koji se šire po periferiji tijela. U tijelu nastaju uslijed toga periodične promjene prostorne ravnoteže. Na probnom tijelu, u pravcu navedenih valova, se izmjere brzine prostorne varijacije izazvane mehaničko — fizičkom utjecajima i iz njih se izračunavaju ostali faktori, modul E_{imp}, Poissonova konstanta itd, kao da su od izotropnog materijala.

Širenje elastičnih zvučnih valova u jednodimenzionalnom ambijentu određeno je jednadžbom (kao i prije):

$$V_{pol} = \sqrt{\frac{E_{uz}}{\varrho}} \qquad (10a)$$

gdje je:

E — ultrazvučni dinamički modul elasticiteta, zapreminska težina

g ubrzanje zemljine teže.

Ukoliko je u pitanju dvodimenzionalni ambijent, tada se mora obaviti dopuna s Poissonovom konstantom, pa izlazi:

$$V_{II\,pol} = \sqrt{\frac{E_{uz}}{\varrho\,(1-\mu^2)}} \qquad (10b)$$

odnosno u trodimenzionalnom sistemu je:

$$V_{III\,pol} = \sqrt{\frac{E_{uz}}{\varrho} \cdot \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}} \qquad (10c)$$

Širenje uzdužnih ultrazvučnih valova u dvostranom ambijentu veće je negoli u jednodimenzionalnom jer otpada poprečna kontrakcija.

Poprečno talasanje ultrazvučnih valova ima brzinu različitu od prijašnjih uzdužnih valova, a okomito je na njih.

Brzina poprečnih valova je:

Ultrazvučni modul na smicanje:

$$V_{popr} = \sqrt{\frac{G_{uz}}{\varrho}} \qquad (10e)$$

Širenje poprečnih valova je sporije od .irenja uzdužnih valova, i iznosi približno $v_{popr} = 0{,}63\ V^I$.

Rayleighovi valovi nastaju od eliptičnih oscilacija, pri čemu se amplituda vibracija smanjuje s dubinom od površine. Brzina ovih valova data je sa:

$$V_R = A \cdot V_{popr} \qquad (11)$$

Koeficijent A se izračunava ako se uvrsti

$$B = \frac{V_{popr}}{V^{III}_{pod}} = \sqrt{\frac{m-2}{2\,(m-1)}} \quad \text{iz jednadžbe}$$

$$A^6 - 8A^4 + 8(3 - 2B^2)A^2 - 16(1 - B^2) = 0 \qquad (12)$$

ili

$$B = \frac{V_{popr}}{V_{IIIpod}} = \sqrt{\frac{m-2}{2\,(m-1)}} \qquad (13)$$

$$\text{direktno brzina vala } V_R = \frac{0{,}87 + 1{,}12}{1+\mu} \cdot \frac{E}{\varrho} \cdot \frac{1}{2\,(1+\mu)}$$

Brzina Rayleighovih valova nešto je manja od brzine poprečnih oscilacija.

Ultrazvučna aparatura za određivanje kvaliteta materijala je s magnetskim ili pezoelektričnim izazivačem. Pri tom se javlja magnetostrikcija kod nekih feromagnetskih kovina kao i nekih legura (željezo, nikl, kobalt itd. odnosno P 50 od 50% Fe i 50% nikla i dr). Pojava je u tome što štapići od tih materijala aksijalno postavljeni u magnetska polja mijenjaju svoju dužinu odgovarajući intenzitetu magnetskog polja. Veza izazivača i probnog tijela i tijela sa snimačem mora da je što bolja, kako bi se impulsi što savršenije prenijeli. Kao vezno sredstvo služi ulje, kit, gips. Ovi dijelovi sastavljeni su povezano u gotovim aparatima (npr.

»Soniscop«, »Ultrasonic concrete tester«, S.B.R. 2, UP1, UP2 i dr.) Na povezanom oscilografu pojavljuje se znak ulaska ultrazvučnog vala kao i njegovog izlaska. Uspoređenjem potrebnog vremena za prolaz kroz vodu ili pri odgovarajućoj temperaturi, može se izračunati i brzina ultra zvuka kroz probno tijelo.

Često se procjenjuje kvalitet betona prema brzini širenja ultrazvučnih valova, ovako:

odličan kvalitet betona ima brzinu kretanja valova v = 5000 m/sek,

dobar kvalitet betona ima brzinu kretanja valova v = 4400 — 5000 m/sek,

problematičan kvalitet betona ima brzinu kretanja valova v = 3200 — 4400 m/sek,

slab kvalitet betona ima brzinu kretanja valova v = 2200 — 3200 m/sek,

vrlo slab kvalitet betona ima brzinu kretanja valova v = 2200 i manje m/sek.

Ovaj način može da dovede do procjenjivanja kvaliteta betona, pa je uputno da se izvedu statičke kontrole (Empergerovim gredama ili na sličan način).

Približna čvrstoća betona na pritisak dobija se iz E_{imp} ako se odredi i odgovarajuća specifična deformacija. Iz Hookeovovog zakona slijedi tada $\delta = \varepsilon \cdot E_{imp}$.

Uspoređenje rezultata elastičnih karakteristika materijala dobijenih statičkim metodom i metodima rezonancije i impulsa

Vrijednost modula E i G dobijenih primjenom ovih metoda bez razaranja, koje se označavaju kao i dinamičke, treba razlikovati od vrijednosti dobijenih primjenom odgovarajućih statičkih metoda, jer su te vrijednosti veće od statičkih.

Kod materijala koji se praktički približavaju idealnom elastičnom materijalu, kao što je to slučaj za čelik, ne postoji razlika između statičkih i dinamičkih karakteristika.

Pri ispitivanju modula elasticiteta metodom rezonancije i ponovljenim ispitivanjem metodom impulsa, pokazalo se da se dobijeni rezultati za obje metode bitno razlikuju. Ovo neslaganje između vrijednosti za E, a naročito za Poissonov μ, proizlazi iz činjenice da upotrebljeni matematički izrazi pretpostavljaju homogeni materijal, koji je izotropan i savršeno elastičan. U stvari građevinski materijali tome ne zadovoljavaju.

Razlike postignute na 100 probnih tijela formata 15 × 15, 25 × 15, 25 × 76,2 prema E.A. Whitehurstu iz Instituta za portland cement u SAD pokazale su da je E za jedan do 47% (prosječno 18%) veći pri ispitivanju impulsnim metodama od onih ispitivanih metodom rezonancije. U svakom slučaju viši su rezultati dinamičkih ispitivanja od statičkih. Francuski pokusi pokazuju svega 7,5% više vrijednosti u korist impulsnih metoda.

Impulsne metode ne mogu nadomjestiti klasične metode ispitivanja razaranjem, ali predstavljaju vrlo koristan način da bi se omogućila kontrola pri građenju, a naročito kontrola već gotovih konstrukcija.

Literatura

1. Rašković: Teorija oscilacija
2. Javor: Zkoušky, a mereni v stavebnictvi
3. Martinček: Nedostuktine dinamicke metody zkušania stavebnych materijalov
4. Föppl: Drang und Zwang, 2 sveska.

GEOMEHANIČKA OBRADA NEKIH KLIZIŠTA U HRVATSKOJ

Ing. Branko Percel, Zagreb

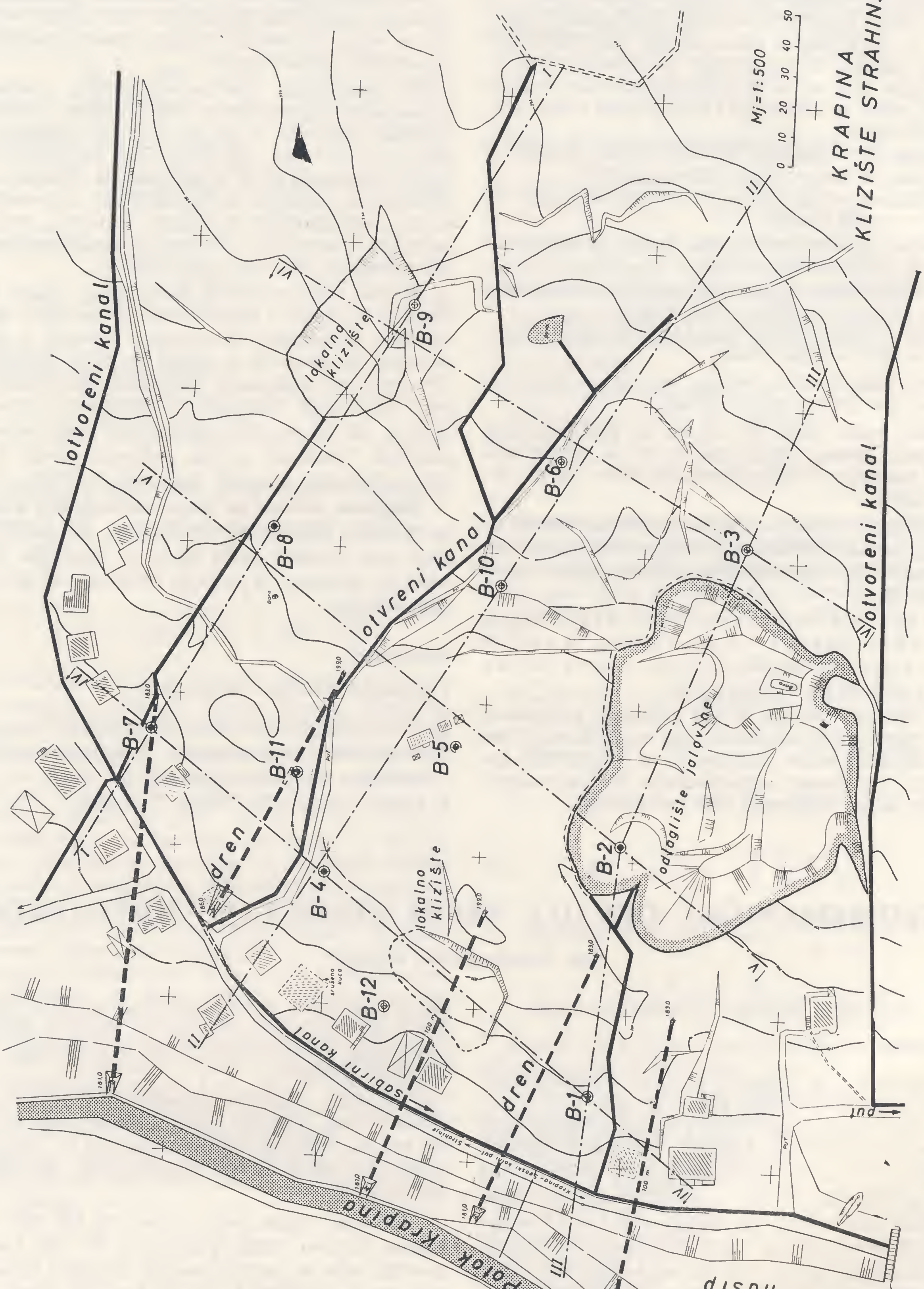
KLIZIŠTE CESTE STRAHINJE—LAZI

Općenito

Nedaleko od Krapine na cesti Strahinje-Lazi došlo je početkom 1965. godine do vrlo velikih pomicanja brijega iznad ceste i naselja. Uslijed ovih pokreta srušeno je nekoliko stambenih zgrada, oštećene su vodovodne cijevi i cesta na dužini od 200 m. Pokreti su bili naročito intenzivni nakon perioda kiša i topljenja snijega u januaru iste godine. U vrlo kratkom vremenu potpuno su srušene tri stambene zgrade, dok su ostale bile tako oštećene i ispucane da su ugrožavale život stanovnika u njima. U prvom času pokreti su bili vrlo intenzivni, ali već nakon nekoliko dana pomaci su se smanjili i poslije nekoliko mjeseci gotovo prestaju. Ovo smirenje je nastalo zbog toga što se površinska i podzemna voda djelomično iscjedila iz tla kao i zbog prirodnog prelaganja masa iz gornjih nestabilnih dijelova u donje, što je doprinijelo stabilizaciji padina.

Pokrenuto područje zahvaća dio između spomenute ceste, odnosno iznad gornjeg reda kuća i ide sve do podnožja brijega Strahinje na zapadnoj strani oko 400 m. Širina klizišta iznosi oko 200 do 300 m (sl. 1).

Generalni nagib padine iznosi cca 10^0, dok neki lokalni dijelovi imaju nagib i do 20^0. Na čitavoj površini vide se tragovi mnogih lokalnih klizanja, koja su po veličini i smjeru kretanja dosta nepravilno raspoređena. U gornjem i srednjem dijelu pomaci su bili vrlo veliki, mjestimično čak 1—1,5 m, a otvorene pukotine bile su široke i do 1 m.



Sl. 1: Situacija klizišta

Terenski radovi

U svrhu određivanja sastava materijala, dubine klizne plohe, kao i uzroka klizanja, obavljeno je od strane poduzeća »Geoistraživanje-Elektrosond« istražno bušenje. Vađeni su neporemećeni uzorci iz koherentnih slojeva, a u nekoherentnim slojevima rađen je standardni penetracioni pokus.

Bušotine su raspoređene tako da obuhvaćaju gotovo cijelu pokrenutu površinu, a locirane su u 3 uzdužna profila sa 3—4 bušotine u jednom profilu. Dubina bušotina bila je 15—40 m.

S a s t a v t e r e n a

U svrhu opažanja varijacija podzemnih vodostaja u bušotine su ugrađeni piezometri s polivinilskim cijevima ⌀ 1,5". Usporedo s mjerenjem podzemne vode, mjerena je dubina klizne plohe koja se registrirala deformacijom cijevi piezometra.

Nivo podzemne vode u piezometrima mjeren je pomoću električnog mjernog instrumenta. Iz mjernih podataka je vidljivo da je podzemni vodostaj u času bušenja bio dosta visok (na dub. od 1,5—5,0 ispod površine terena), premda je bušenje izvedeno u VII mjesecu kada nije bilo mnogo kiša.

Promjena opažena je 6 mjeseci nakon ugradnje piezometara, a nivo podzemne vode snižen je u prosjeku za 0,40—2 m.

U istim polivinilskim cijevima mjerena je dubina kliznih ploha. Zbog većih primarnih pokreta očekivale su se veće deformacije i pucanja ugrađenih polivinilskih cijevi. Međutim, u osmatranom periodu pokreti su se znatno smirili, tako da deformacije cijevi nisu bile dovoljne da se ova dubina tačno registrira na svim mjestima.

Dobre podatke o dubini kliznih ploha dobilo se na bušot. B_2, B_4, B_7, B_{11} i B_{12}.

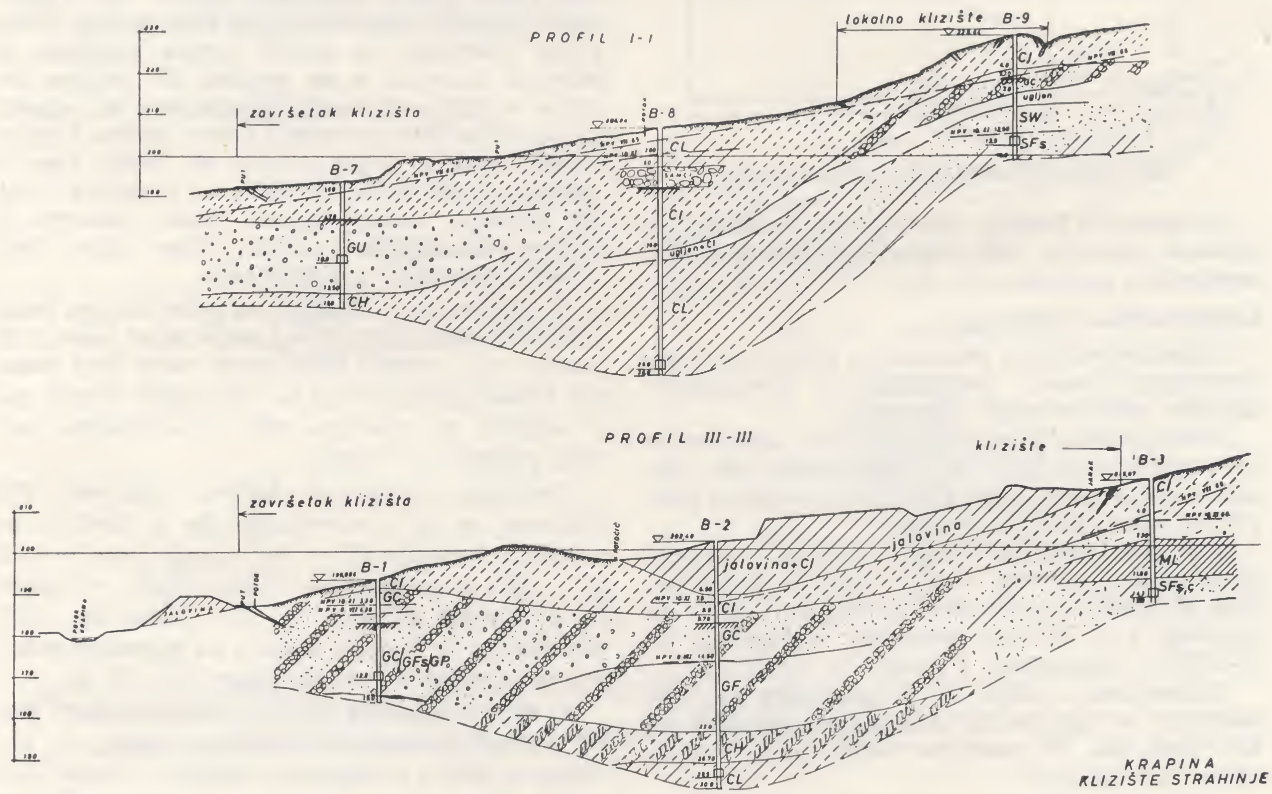
Dubina deformiranja mjerena je pomoću željezne šipke dužine ~ 50 cm, izmjerene dužine iznose od 6,6—10 m ispod površine terena.

Površinski sloj je mršava glina lako do teško gnječivog konsistentnog stanja koja dublje postepeno prelazi u slojeve lako gnječive masne do prašinaste gline. Debljina ovih površinskih slojeva koherentnog materijala kreće se u granicama od 1 do 5 m.

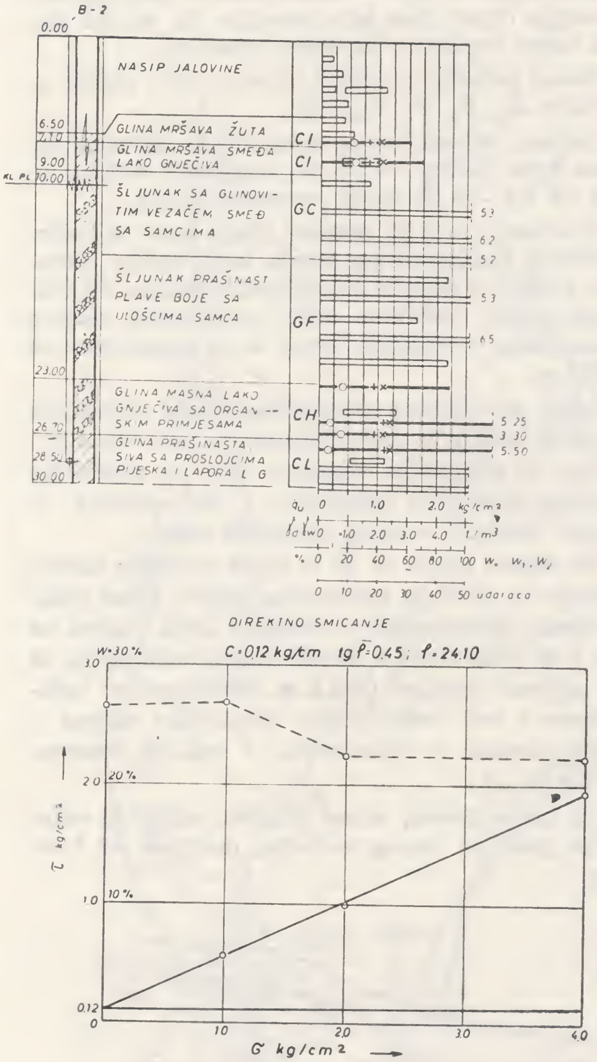
Ispod površinskog sloja koherentnog materijala javlja se gotovo u svim bušotinama sloj šljunka i osuline sa glinovitim vezačem, koji na pojedinim mjestima prelazi u jednoličan i čist pijesak ili šljunak većeg ili manjeg promjera zrna.

Na dubini od 15 do 20 m ispod površine terena ponovno se javljaju koherentni slojevi gline niske do visoke plastičnosti, a debljina sloja varira od 7 do 8 m. Osim toga u nekim bušotinama javlja se sloj ugljena debljine 1—1,5 m. Bušenjem su ustanovljene i vrlo česte pojave proslojaka stijene u obliku samaca a mjestimično i izdanci osnovne stijene (sl. 2).

Na jugozapadnoj strani klizišta nalazi se odlagalište jalovine starog rudnika, debljine od 5 do 10 m.



Sl. 2: Karakteristični profili terena



Sl. 3: Karakteristični sondažni profil

Iz rezultata bušenja vidi se da su materijali na čitavom području vrlo nepravilno raspoređeni i međusobno izmiješani (sl. 3).

Laboratorijska ispitivanja

U geomehaničkom laboratoriju ispitivani su neporemećeni uzorci koherentnih i poremećenih uzoraka nekoherentnih materijala.

Atterbergove granice plastičnosti koherentnih materijala pokazuju da su to anorganske gline niske od visoke plastičnosti s većinom uzoraka u području srednje plastičnosti.

Prirodna sadržina vlage prašinastih slojeva gline znatno je veća nego u dubljim slojevima. Ona se kreće u granicama između 20 i 30 % na površini, a u dubljim slojevima vlažnost je od 10—15 %, mjestimično i manje.

Zapreminske težine su u granicama za suhi materijal od 1,50 do 2,0 t/m^3, a vlažni od 1,90 do 2,35 t/m^3, dok se specifična težina kreće u prosjeku oko 2,73 t/m^3.

Aksialna čvrstoća površinskog koherentnog sloja je od 1 do 1,5 kg/cm^2, i sa dubinom znatno raste, tako da je mjestimično i do 5,50 kg/cm^2. Ovo je svakako bilo u zavisnosti o sadržaju i rasporedu pjeskovitih frakcija u ispitanom neporemećenom uzorku, tako da su ovi podaci dali samo orijentacione vrijednosti.

Čvrstoća za smicanje ispitana je na neporemećenim uzorcima koherentnih materijala u aparatima za direktno smicanje. Pokusi su rađeni kao konsolidirani brzi, ali s malom brzinom smicanja (smicanje uzoraka do sloma trajalo je oko 6 sati) i s uzorcima debljine 2 cm. Dobiveni rezultati za kut čvrstoće za smicanje bili su u granicama od 18,5 do 25,4^0, a kohezija Cu = 0,06 do 0,5 kg/cm^2.

Jedan neporemećeni uzorak ispitan je u triaksialnom aparatu. Dobiveni su parametri čvrstoće za efektivne napone ϕ' = 24^0 i c' = 0,38 kg/cm^2, što dobro odgovara rezultatima direktnih smicanja. Parametri čvrstoće za ukupne napone iznose ϕ 12,5^0 i C = 0,65 kg/cm^2.

U cilju određivanja uticaja smanjenja udjela kohezije na čvrstoću nakon velikih deformacija, ispitan je jedan neporemećeni uzorak u triaksialnom aparatu tako, da je tankom pilom najprije prerezana ploha pod kutem ϑ = 55^0. Dobiveni su parametri čvrstoće za efektivne napone od ϕ = = 25^0, C' = 0 (sl. 4).

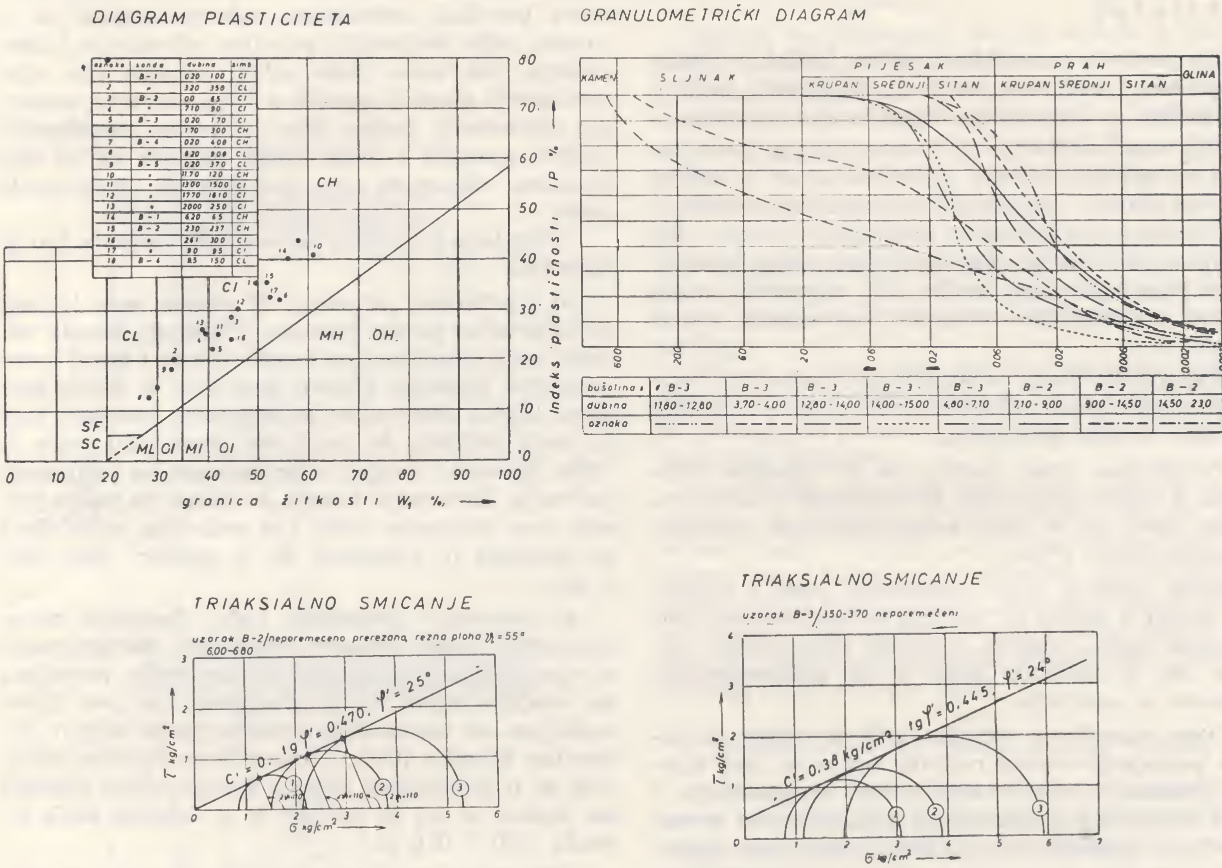
Računska kontrola stabilnosti padine

Na osnovu obavljenih terenskih istražnih i laboratorijskih radova dobiveni su podaci o dubini klizne plohe, rasporeda slojeva kao i parametri čvrstoće materijala kroz koje prolazi klizna ploha. Snimljeni su profili terena paralelno sa smjerom klizanja, a na svakom je izvršena detaljna analiza stabilnosti. Analizirane su najprije klizne plohe, koje zahvaćaju čitavu padinu i sijeku duboko ispod površine (15—25 m), poslije čega su ispitane i neke plitke površine na mjestima lokalnih klizanja. Dubina kliznih ploha odabrana je prema indikacijama o dubini klizne plohe dobivenom mjerenjem u bušotinama.

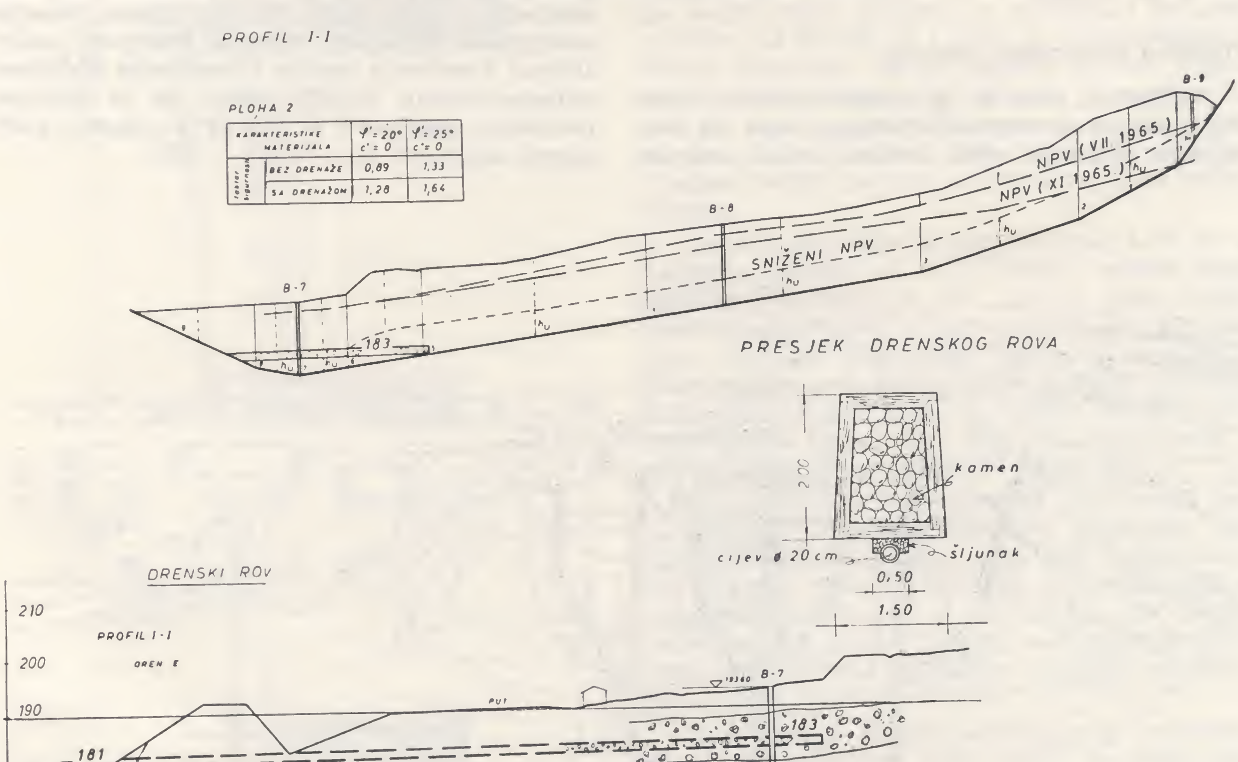
S obzirom da je klizanje na svom donjem kraju zahvatlio cestu i gornji red kuća ispod ceste, i da pokreti nisu opažani dalje ispod ceste, kraj dubokih kliznih ploha uzet je na rubu ceste. Gornji rub je određen na mjestima gdje su zabilježene najveće pukotine u terenu.

Najmanje vrijednosti faktora sigurnosti (F_s) dobivene su uz pretpostavku da u čvrstoći ne sudjeluje kohezija (C = 0) i da je kut čvrstoće ϕ = 20^0, a za generalne klizne plohe vrijednost F_s se kretala od 0,80 do 1,33. Sigurnost lokalnih klizišta je također niska i za navedene minimalne parametre čvrstoće iznosi do 1,25 (sl. 5).

U svim analizama uzet je najnepovoljniji slučaj potpunog zasićenja zemljišta vodom do površine u skladu s mjerenim visokim nivoom podzemne vode. U tom slučaju djeluje strujni tlak na cijeli presjek iznad klizne plohe.



Sl. 4: Rezultati laboratorijskih ispitivanja



Sl. 5: Rezultati računskih stabilnosti i prijedlog asanacije

Zaključak

Na osnovu terenskih i laboratorijskih ispitivanja kao i računske kontrole stabilnosti padine, zaključeno je da uzroka klizanja ima nekoliko.

U prvom redu to je strma morfologija površine, koja na nekim lokalnim mjestima iznosi i više od 20°, sa mnogo nepravilno razmještenih uleknuća i neravnina, depresijom u centralnom dijelu i deponijom jalovine na jugozapadnom rubu klizišta. Osim toga nepovoljan sastav tla, raspored i nagib slojeva u dubini, što omogućuje stvaranje kliznih ploha.

Najvažniji faktor nestabilnosti padine je svakako visoki nivo podzemne vode kao i vrlo nepovoljni uvjeti dreniranja.

Površinska voda skuplja se na mnogim mjestima u obliku bara, teče po jarugama i kanalima onako kako ih je voda sama napravila i nekontrolirano ulazi u tlo.

Zbog visokog nivoa podzemne vode i nagnutog terena u padini se javljaju hidrodinamičke sile strujnog tlaka, nastaju povećani tangencialni naponi, što je izazvalo slom u tlu prekoračenjem čvrstoće za smicanje.

Osim navedenih uzroka, vrlo je važna činjenica postojanje starog rudnika uglja na tom mjestu. Hodnici i rovovi nisu nakon eksploatacije i prije napuštanja potpuno zatrpani, pa su na nekim mjestima urušeni. Ovo je uzrokovalo veće deformacije do površine i poremećenja ionako labilne ravnoteže brijega.

Prijedlog asanacionih zahvata

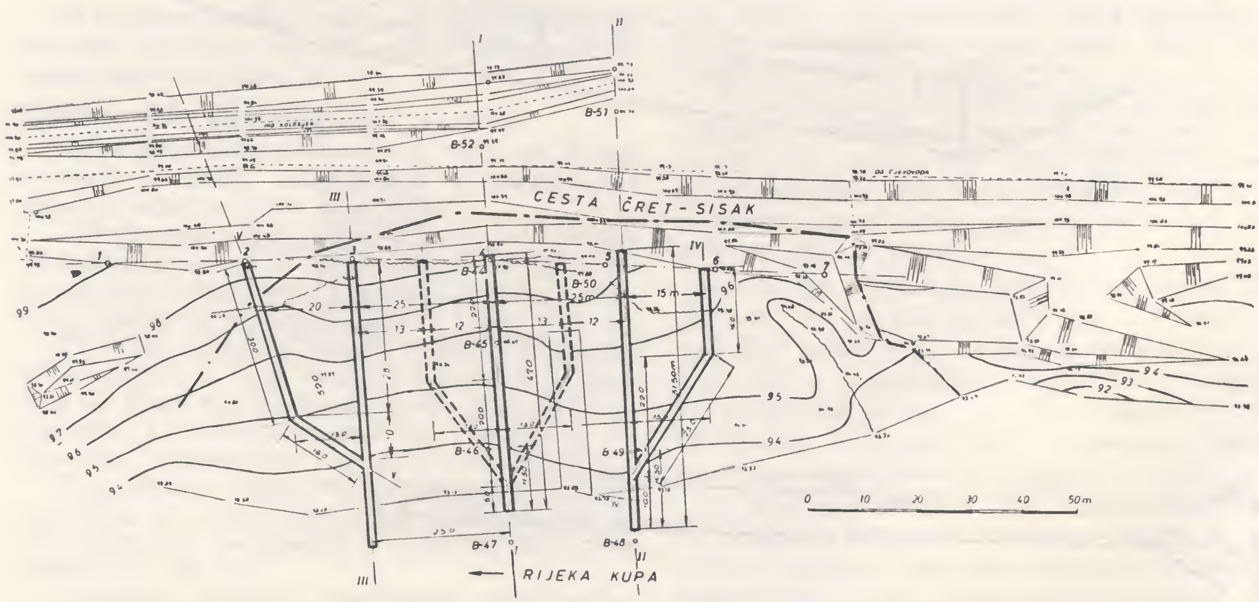
Imajući u vidu da je između ostalih uzroka koji djeluju na stabilnost brijega jedan od najvažnijih prisustvo većih količina vode u terenu i na površini, asanacioni zahvati trebali su u prvom redu obuhvatiti pravilno odvođenje i dreniranje ove vode. Neki drugi zahvati kao npr. prelaganje mase iz gornjih u donje dijelove, umjetno opterećenje nožice, kao i izvedba površinskih plitkih drenaža i drugi slični zahvati ne bi dali potpunu sigurnost za stabilizaciju pokrenutih masa.

Zbog toga prijedlog asanacionih zahvata bio je slijedeći:

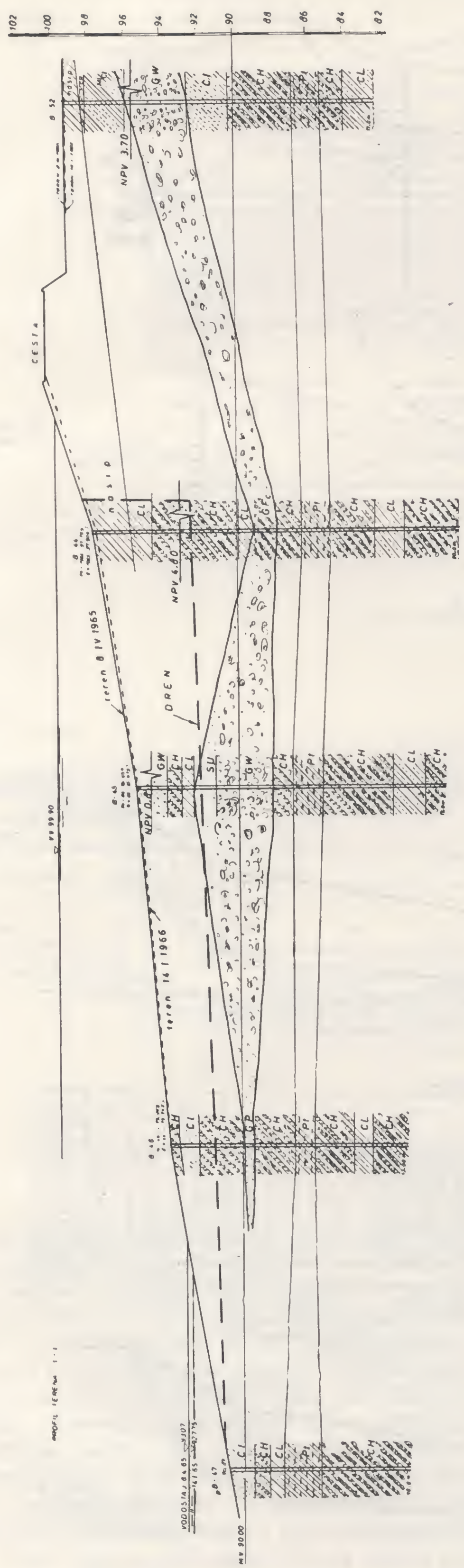
a) Površinska odvodnja. U prvom redu trebalo je najkraćim putem pomoću obloženih kanala odvesti vodu skupljenu na terenu (lokve i bare) izvan područja klizanja. Čitavo područje u svom gornjem dijelu obuhvatilo se sabirnim kanalom koji je imao zadatak da kupi svu oborinsku vodu iz viših dijelova i spriječi njen dolazak na pokrenuto područje. Dimenzije kanala su takve da mogu primiti svu oborinsku vodu tog područja, a obloženi su betonom ili kamenom da se spriječi ulaz vode u tlo.

b) Odvodnja podzemne vode. Sniženje nivoa podzemne vode odnosno povoljno usmjeravanje strujnog tlaka predviđeno je drenskim rovovima na donjem dijelu klizne površine. Na tom dijelu bušenjem su ustanovljeni višepropusni slojevi glinovitog šljunka (GC) i jednoličnog šljunka (GU), koji se u poprečnom smjeru kontinuirano protežu na dubini od 1,0 m do 8,80 m u debljini sloja između 3,40 i 13,0 m.

Odvodnjom vode iz ovog sloja snizio bi se nivo podzemne vode iz padine, a silu strujnog tlaka usmjerilo prema dolje, što bi znatno povećalo koeficijente sigurnosti, odnosno stabilnost padine. Utjecaj dreniranja uzet je u analizama stabilnosti najnepovoljnijih kliznih ploha, pa je dobiveno povećanje stabilnosti za cca 43 % odnosno koeficijenti sigurnosti $F_s = 1,27 - 1,80$.



Sl. 6: Situacija klizišta na cesti Sisak—Čret



Sl. 7: Karakteristični profili terena

Rovovi su predviđeni na pet mjesta u smjeru padine, a izlazi su predviđeni kao otvoreni izljevi u rijeku Krapinčicu. U ovako položenim drenovima voda teče u smjeru poprečno na padinu pa se smanjuje komponenta strujnog tlaka u smjeru padine a tangecijalni se usponi povećavaju.

Dimenzije rovova odabrane su tako da se omogući nesmetani rad (~ 1,50 × 2,0 m) sa padom drenova prema rijeci od min. 2 %. Dužina rovova kreće se između 82 i 130 m. Nakon iskopa obavit će se zatrpavanje krupnim kamenom u punom profilu.

Da se u toku rada spriječi ulaženje vode iz rijeke u drenove predviđeno je da se tunelski iskop ne prokopa na početku, već da se spoji sa rijekom otvorenim kanalom.

Ovaj način odvodnje podzemnih voda iz terena odabran je zbog dobre mogućnosti pristupa podzemnoj vodi u dublje položenim propusnim slojevima kao i kasnijom mogućnošću slobodnog oticanja vode u korito rijeke. Osim toga radnu snagu za kopanje ovih rovova moglo se lako naći u blizini, jer je na tom mjestu bio rudnik uglja pa ljudi poznaju ovakav način rada.

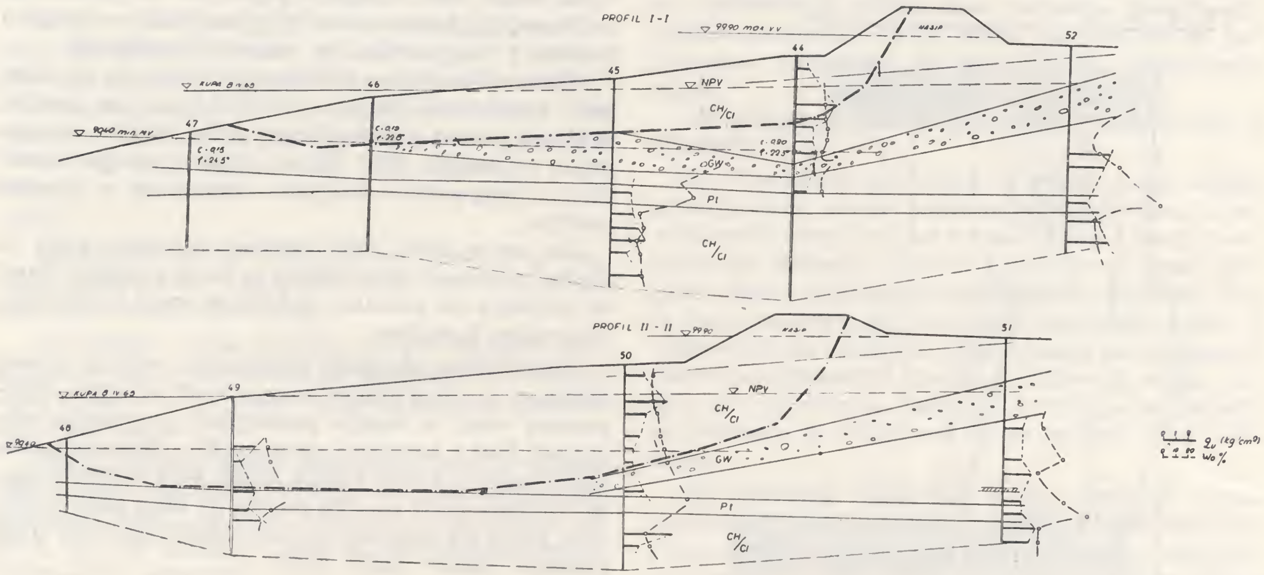
2. KLIZIŠTE NA CESTI SISAK—ČRET

Trasa nove ceste Sisak—Čret smještena je na kruni odbrambenog nasipa na desnoj obali Kupe i služi za transport teških kamiona Rafinerije nafte u Sisku. Na obje strane istovarne rampe na udaljenosti od 50 m došlo je do pomicanja terena prema koritu rijeke. Klizanje je zahvatilo i dio ceste u dužini od 70—80 m i tako ju onesposobilo za daljnji saobraćaj. Da se osigura promet vozila, cesta je od gornjeg ruba klizišta pomaknuta za 4—5 m. Ovo je omogućilo oprezan prolaz vozila, ali zbog daljnjih pokreta izdaci za održavanje kao i lagana vožnja na tom mjestu stvarali su velike izdatke.

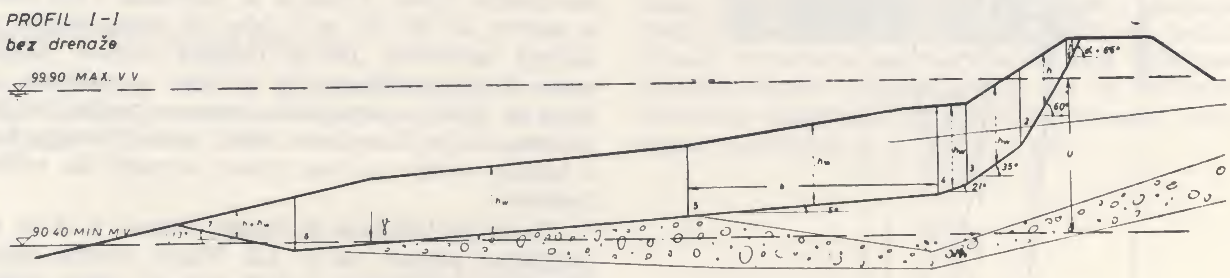
Cesta je izvedena u nasipu visine 4—5 m sa nagibima pokosa od 1 : 1,5. Nagib terena ispod ceste je u prosjeku 5—10°, dok je obala rijeke Kupe u svom koritu u nagibu od cca 15°. Visinska kota ceste na ugroženom dijelu je oko 101,0. Maks. velika voda rijeke Kupe je 99,90, a srednja mala voda na koti 90,40. U vrijeme visokih vodostaja rijeke Kupe voda dođe do krune ceste, a maks. varijacije su gotovo 10 m (sl. 6).

U svrhu upoznavanja terena i određivanja geomehaničkih karakteristika kao i prijedloga asanacije izvršeni su u toku aprila 1965. godine istražni radovi i izrađen izvještaj o geomehaničkim radovima. Sondiranje je izvršeno u dva profila postavljenih u smjeru klizanja sa 5 bušotina u jednom i 4 bušotine u drugom profilu, motornom garniturom, dubine 6—20 m.

Trup ceste je izveden od nasipanog materijala. Ispod njega javlja se glina srednje do visoke plastičnosti, teško do lako gnječivog konsistentnog stanja. U koritu rijeke i na kontaktu sa slojem dobro do slabo graduiranog šljunka i jednoličnog pijeska materijal je znatno vlažniji. Ovaj neko-



Sl. 8: Klizne plohe



BEZ DRENAŽE

LAMELA	$tg\alpha$	h	b	$p=\gamma \cdot h$	$u=h_w$	$p \cdot b \cdot tg\alpha$	$(p-u)$	$(p-u) b$	n_α $(F_o=1{,}0)$	$(p-u) b \; 1/n_\alpha$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2,246	1,2	0,8	2.5	—	4,5	2.5	2,0	0,25	8,0
2	1.732	3,4	2,8	5,9	1.8	28,6	41	11,5	0,44	26.3
3	0,700	4.8	3,4	8,4	4,8	20,0	3,6	12,2	0,88	13,8
4	0,384	5,2	1.9	9,1	5,2	6,6	3,9	7,4	1,02	7.2
5	0,087	5,0	15,5	8,7	5,0	11,7	3,7	57,3	1,03	55,6
6	0,087	4,2	24,4	7,3	4,2	15,5	3,1	75,5	1,03	73,2
7	-0,231	1.6	7,4	2,8	1,6	-4,8	1,2	8,8	0,83	10,0
						82.1		174.7		194.0

Za $F_s = 1$ $tg\varphi' = const$ $c' = 0$ $\gamma = 1.75\ t/m^3$

$$tg\varphi = \frac{p\ b\ tg\alpha}{(p-u)\ b} = \frac{82.1}{174.7} = 0.472$$

$$tg\varphi' = \frac{82.1}{194.0} = 0.424 \qquad \varphi' = 23°$$

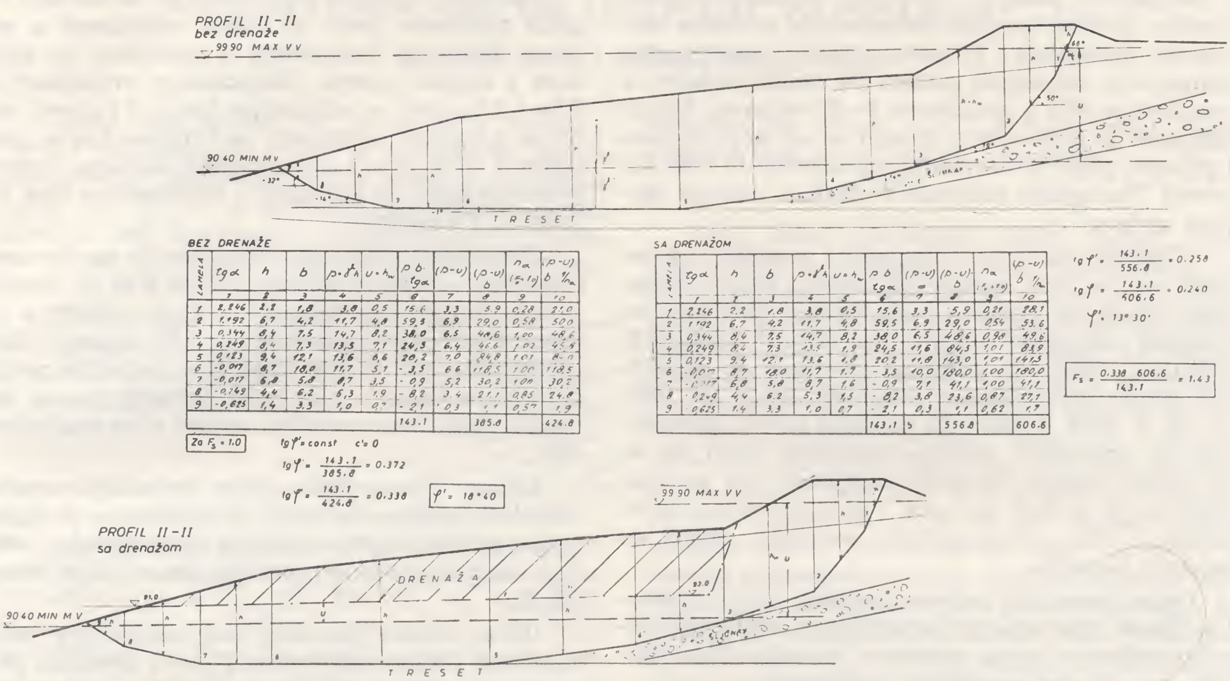
SA DRENAŽOM

LAMELA	$tg\alpha$	h	b	$p=\gamma \cdot h$	$u=h_w$	$p \cdot b \cdot tg\alpha$	$(p-u)$	$(p-u) b$	n_α $(F_o=1{,}0)$	$(p-u) b \cdot 1/n_\alpha$
	1	2	3	4	6	6	7	8	9	10
1	2,246	1,2	0,8	2,5	—	4,5	2,5	2,0	0,22	9,1
2	1,732	3,4	2,8	5,9	1,8	28,6	4.1	11.5	0,36	32,0
3	0,700	4,8	3,4	8,4	4,8	20,0	3.6	12.2	0,78	15,7
4	0,384	5,2	1,9	9,1	3,0	6,6	6,1	11,6	0,96	12,1
5	0,087	5,0	15,5	8,7	—	11.7	8,7	135,0	1,01	133,5
6	0,087	4,2	24,4	7.3	1,2	15,5	6,1	149,0	1,01	147,5
7	-0,231	1.6	7,4	2,8	1.2	-4,8	1,6	11,8	0,89	13,2
						82,1		333,1		363.1

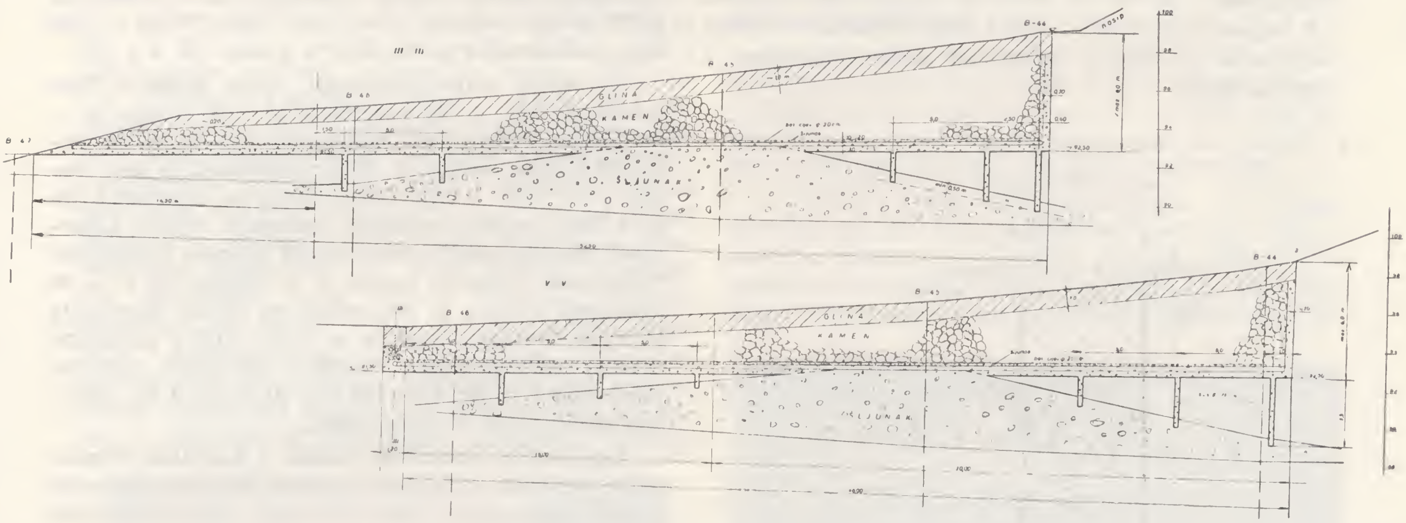
$$tg\varphi' = \frac{82.1}{333.1} = 0249 \qquad tg\varphi' = \frac{82.1}{363.1} = 0.226 \qquad \varphi' = 12°40'$$

$$F_s = \frac{0{,}424 \cdot 363.1}{82.1} = 1{,}87$$

Sl. 9: Analiza stabilnosti, profil I—I



Sl. 10: Analiza stabilnosti, profil II—II



Sl. 11: Prijedlog asanacionih radova

herentni sloj registriran je ispod cestovnog trupa u nagibu prema koritu rijeke, a sa nizvodne strane nasipa on je vrlo blizu površini terena. U bušotinama koje su bliže rijeci taj sloj nije registriran, pa je zaključeno, da je to jedan zatvoren rezervoar u koji nesmetano ulazi površinska i procjedna voda sa terena iza ceste. Loša odvodnja površinskih i otpadnih voda na tom dijelu omogućuje nesmetano prodiranje vode u tlo, odnosno u sloj šljunka, tako da u času niskih vodostaja Kupe stoji pod znatnim tlakom. Ovo nepovoljno utječe na stabilnost padine osobito u času sniženja vodostaja u rijeci kad je aktiviran strujni tlak i povećana težina, što izaziva lom u tlu i pokretanje masa.

Zbog ovakve uslojenosti tla u projektu je usvojen prijedlog asanacije padine dreniranjem površinskog dijela i izjednačivanje tlaka u prirodnom rezervoaru šljunka i vode u koritu rijeke.
stabilnost padine osobito u času sniženja vodostaja

Ispod sloja šljunka i gline javlja se konsolidirani sloj treseta polučvrstog do čvrstog konsistentnog stanja, debljine 1,0—1,50 m koji je skoro horizontalan i jednake debljine u oba profila.

Ispod sloja treseta je glina niske do visoke plastičnosti, najprije lako gnječivog, a dublje polučvrstog do čvrstog konsistentnog stanja (sl. 7).

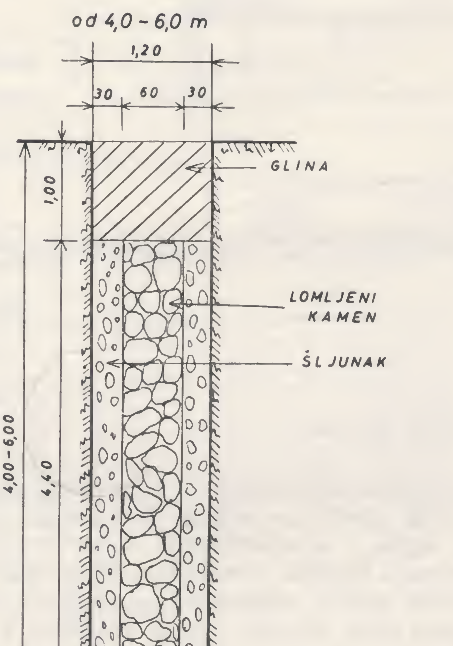
I ovdje je u toku bušenja obavljena terenska klasifikacija materijala, vađeni su neporemećeni

i poremećeni uzorci, i izvođeni standardni penetracioni pokusi, u svrhu određivanja prirodne zbijenosti materijala. U koherentnim materijalima zbijanje je obavljeno nožem na kraju pribora, a rezultati su bili u granicama 4—20 udaraca. Manja zbijenost je neposredno ispod i iznad sloja šljunka i pijeska, gdje je broj udaraca između 15—30, što prema Terzaghiju možemo svrstati u srednje zbijene slojeve.

U svrhu opažanja slijeganja i pomaka, na terenu su uz rub nasipa snimljene stalne tačke. Osim opažanja pomaka ovih tačaka obavljana su visinska snimanja tačaka na mjestu postojećih bušotina. Opažanja pomaka obavljala je geodetska grupa investitora u intervalu od 8. IV 1965. do 14. X 1966. godine. Za konačnu ocjenu pomaka, ovo je prekratko vrijeme mjerenja, tako da se ne može donijeti konačni zaključak, ali se ipak vidi da je u času porasta vodostaja Kupe teren miran, a tek nakon sniženja vodostaja dolazi do osjetnih pomaka.

Osim terenskih radova izvršena su u geomehaničkom laboratoriju određivanja osnovnih karakteristika u svrhu provjere terenske klasifikacije, kao i neka specijalna ispitivanja.

Prirodna sadržina vode kreće se u prosjeku u granicama od 25 do 35 % za koherentne slojeve, a neposredno iznad i ispod sloja šljunka i treseta vlažnost je veća i iznosi na nekim mjestima i 30 do 65 %.



Sl. 12: Presjek drenskog jarka

Aksialna čvrstoća materijala za površinski sloj gline postepeno pada od maks. vrijednosti u gornjem dijelu na minimalne u kontaktu sa šljunkom i slojem treseta. Maksimalne vrijednosti su 3,0—4,0 kg/cm², a minimalne 0,4—1,0 kg/cm², tako da je u računu stabilnosti za kritične klizne plohe uzeto $c = 0$. Ispod sloja treseta aksialna čvrstoća ponovno raste sa dubinom i mjestimično ima vrijednost 4,0 kg/cm²

Triaksialno smicanje obavljeno je na tri neporemećena uzorka sa dubina 2,00 do 8,20 m. Dobiven je kut unutarnjeg trenja $\gamma' = 22{,}3 - 24{,}5^0$, a vrijednost kohezije $c' = 0{,}15 - 0{,}20$ kg/cm². Tačnu vrijednost kuta trenja i veličinu kohezije na kliznoj plohi teško je bilo tačno utvrditi, jer se zbog velike vlage neporemećeni uzorci nisu mogli izvaditi.

Dubinu klizne plohe dobro definiraju rezultati aksialnih pokusa iz kojih je evidentno da klizna ploha prolazi negdje u blizini sloja šljunka, odnosno na donjem kraju klizišta iznad sloja treseta (sl. 8).

Da se odredi potreban kut unutarnjeg trenja za slučaj faktora sigurnosti $F_s = 1$ izvršena je za odabrane klizne plohe analiza stabilnosti po Janbaovoj metodi. U računu je uzet u obzir najnepovoljniji slučaj naglog sniženja maks. vodostaja 99,90 m na vodostaj min. male vode 90,40 m, što daje maksimalni porni tlak u kosini (sl. 9 i 10).

Za slučaj maks. vodostaja rijeke Kupe u času ravnoteže ($F_s = 1$) potreban je kut trenja $\gamma = 18^0 40'$. Triaksialna ispitivanja izvršena na neporemećenim uzorcima daju vrijednost za kut trenja $\gamma = 22{,}3 - 24{,}5^0$ što navodi na zaključak da je u času naglog sniženja vodostaja faktor sigurnosti upravo negdje malo iznad granice ravnoteže. Vrijednost kohezija uzeta je u računu sa $c = 0$. Postupak računa je ponovljen za slučaj izvođenja sistema drenova čime se u većoj mjeri eliminira utjecaj pornog tlaka. Izvedba drenažnih jarkova predviđena je do kote od cca 91,0—92,0 m, odnosno iznad male vode u rijeci.

Izgradnjom drenskih jaraka i bušotina znatno će se povećati stabilnost padine, tako da dobiveni faktor sigurnosti 1,43—1,87 daje punu sigurnost (sl. 11).

Drenski jarci postavljeni su paralelno sa smjerom klizanja terena. Predviđena su tri glavna jarka sa ograncima da se obuhvati i drenira što šire područje.

Dubina jaraka određena je dubinom male vode sa padom dna jarka prema rijeci 1—2 %, širine da se omogući nesmetan rad, uz potrebno osiguranje razuporama (sl. 12). Nakon iskopa drena predviđeno je bušenje rupa promjera 150—200 m do sloja šljunka, odnosno min. 0,50 m u taj sloj, ispunjenih drenskim materijalom. Kao što je rečeno ove bušotine treba da u sloju šljunka oslobode pritisak koji se javlja kod niskog nivoa u rijeci, i dreniraju ga kod naglog sniženja vodostaja.

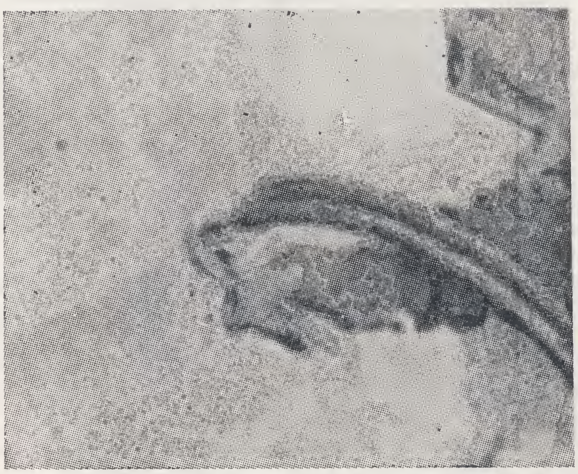
METALIZIRANJE GRAĐEVNIH KONSTRUKCIJA

Ing. arh. Neva i Jaroslav Novak, Split

Članak ima zidatak da informira o dostignućima i primjeni na području površinske obrade građevinskih materijala metalizacijom, na sličan način kao što se u metalnoj industriji i brodogradnji, kod površinske obrade metala i ostalih materijala, ova metoda primjenjuje već godinama.

Metalizacija tj. prskanje 0,08—0,30 mm debelih slojeva rastaljenog metala na podlogu građevnog materijala, pomoću pištolja za prskanje, vrlo je svrsishodno i ekonomično. Aluminij predstavlja metal koji je kod metalizacije ekonomski najprikladniji s obzirom na malu potrošnju, jednostavnu manipulaciju i postignuta iskustva, pa je zbog toga ovaj materijal podrobnije opisan.

Počeci primjene aluminija datiraju još od posljednjih decenija prošlog stoljeća. No tek legiranje aluminija sa Cu, Mg, Mn, Si, Zn, omogućilo je da njegova upotreba postane svestranija. Tako je aluminij zbog svojih svojstava za kratko vrijeme po proizvedenoj količini stao na drugo mjesto među tehničkim metalima. Glavna svojstva aluminija i njegovih legura odnose se na povoljan odnos težine i čvrstoće (spec. težina kreće se od 2,6—2,8, što je svega 1/3 težine čelika), dobra antikorozna svojstva, mogućnost lakog oblikovanja, tromost na iskrenje, dobru i visoku moć refleksije za svjetlost i zračenje, magnetski neutralitet, raznovrsnost obrade površina, dobru toplotnu i električnu provodivost i dobru otpornost prema atmosferi. Naročito otpornost prema atmosferskim utjecajima stavlja metaliziranje građevnih konstrukcija aluminijem na prvo mjesto. Aluminij kao neplemenit metal vrlo je reaktivan, te lako oksidira i kao takav vrlo je otporan prema atmosferi i mnogim kemijskim sredstvima. Uzrok postojanosti je film oksida (oksidna korica) koji se stvara odmah na svježoj površini čvrstog aluminija i zaštićuje ga od utjecaja atmosfere. Iako je debljina tog filma mala, on hermetički pokriva metal i štiti ga od daljnje oksidacije.



Sl. 1: Metalizacija građevnih površina pomoću pištolja AD1 sa žicom

---

Novi način površinske obrade betona, žbuka i građevnih konstrukcija je tzv. metalizacija, koju se izvodi pomoću pištolja za prskanje. Slično kao kod zavarivanja metala, moguća je specijalnim pištoljem (prskalicom) bacati kovinu na beton ili drugi građevni materijal. U pištolju za prskanje, plamenom nastalim izgaranjem smjese kisika i acetilena, propana-butana, vodika ili rasvjetnog plina, rastali se metalna žica ili prah (aluminij, mjed, cinak i sl.), koji se kontinuirano dovodi u pištolj. Rastaljeni metal se iz pištolja izbacuje strujom zraka pod pritiskom kroz sapnicu i pri tom se rasprskava u sitne kapljice. Kovina stvori na površini betona savršenu poroznu naslagu. Kad rasprskane kapljice metala udare na čvrstu površinu, one prelaze u čvrsto stanje, deformiraju se, među sobom se zavare i tvore sloj koji je dobro zakotvljen na podlozi ako je ona čista i dovoljno hrapava. Ovako obrađena površina ne zahtjeva daljnje obrađivanje.

Podloga za metalizaciju treba biti suha, dobro nabivena i čista, jer naslaga kovine neprikriva nedostatke betona, uslijed toga što je samo oko 0,1 mm debela. Time beton dobije metalan izgled, a uz to sačuva odabranu strukturu materijala.

Površine građevnih konstrukcija je moguće metalizirati sa svim kovinama kojih se talenje obavlja plamenom pogodnih plinova. Najčešće se primjenuje smjesa kisika i acetilena, jer daje najvišu temperaturu plamena (3060—3120°C) bez ob-

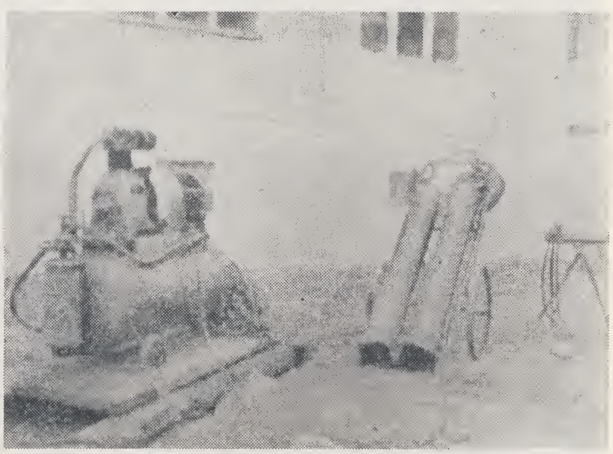
Sl. 2: Metalizirana terabona žbuka

zira što npr. aluminij traži toplinu samo 660°C.

Slično kao kod zavarivanja, kod metalizacije aluminijskim materijalima poželjan je neutralan plamen. U reduktivnoj atmosferi, tj. u atmosferi s viškom acetilena, dolazi do apsorpcije vodika i pojačane poroznosti naslaga. U oksidativnoj atmosferi dolazi do reagiranja sa kisikom i stvaranja štetnih oksida. Kvaliteta plamena utječe na kvalitet metalizacije. Za upotrebu kisik-acetilena ili kisik-propanbutana kao plinova za talenje metala u prskalicama, odlučujuće je tržište i cijena paliva. Pištolji ostaju isti, s tom razlikom da dolazi do izmjene žižka i regulacionog ventila kod kisika.

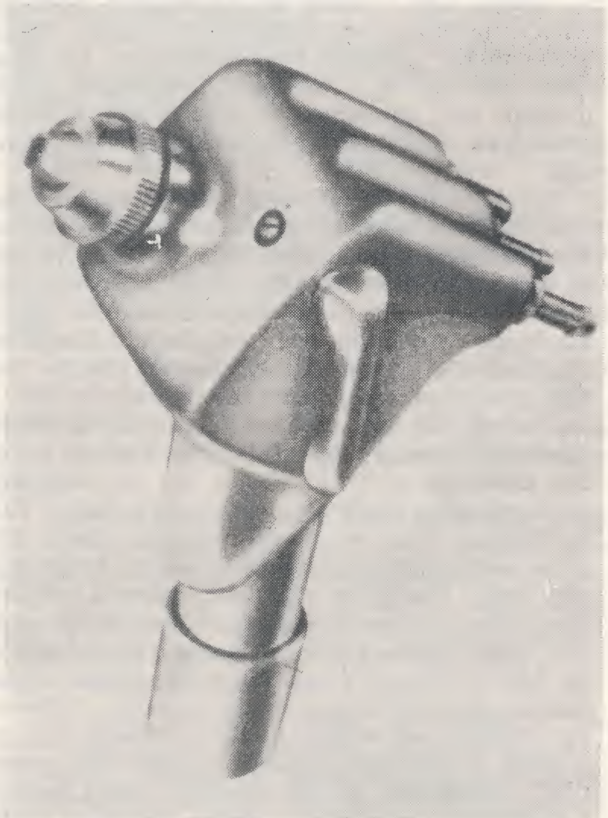
Aluminij treba najmanje smjese jer je lagan (1 m žice debljine 2,5 mm teži samo 14 gr). Za glatke fasadne površine se na 1 m² potroši oko 20 do 25 dkg. Daljna prednost aluminija je da se na njemu stvara korozijom bijela navlaka, otporna prema daljnjem oštećivanju.

Sl. 3: Metalizacija žbuke s vertikalnom strukturom

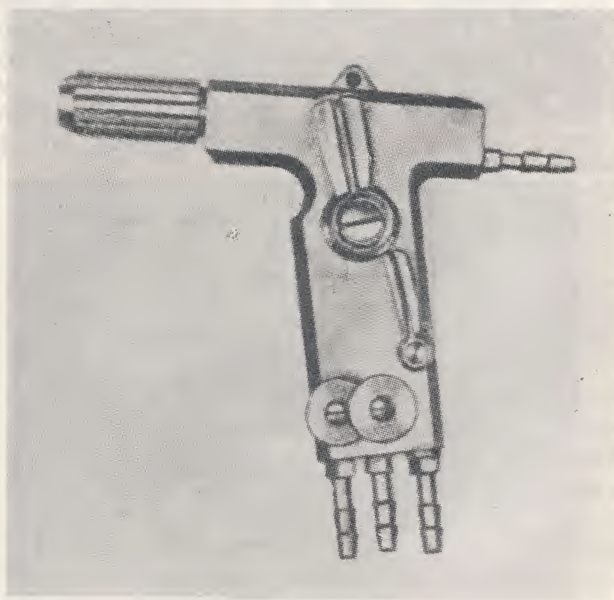


Sl. 4: Kompletni uređaj za metalizaciju građevnih površina aluminijem i ostalim metalima

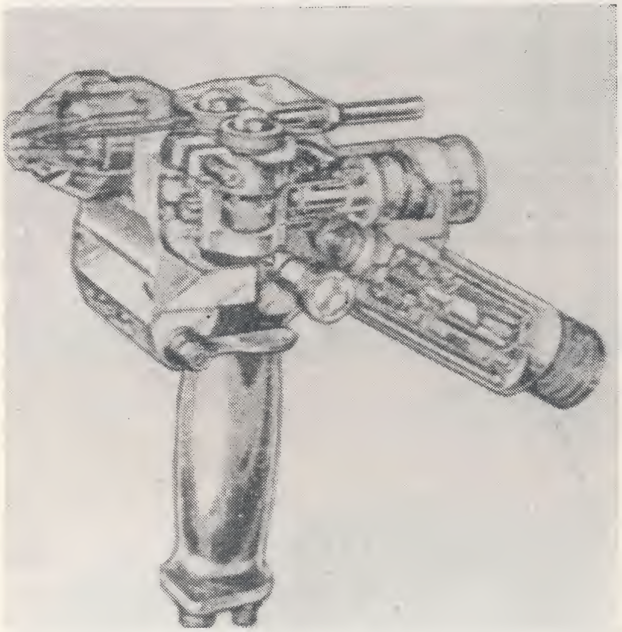
Jednim štrcanjem prekrije se 3—5 m²/sat površine. Ako usporedimo metalizaciju s cijenom žbuke od terabone (cca 28 N. din), Vidljiva je prednost metalizacije i sa ekonomskog gledišta.



Sl. 5: Čehoslovački pištolj AD1 »KOVOFINIŠ« za metaliziranje žicom



Sl. 6: Čehoslovački pištolj AP4 »KOVOFINIŠ« za metaliziranje građevnih konstrukcija pomoću metalne prašine



Sl. 7: Francuski pištolj »De METALISATIOX«

Metalizacija drugim kovinama, kao sa mjedi, bakrom itd. vrlo je efektna, ali i skuplja, jer se potroši veća količina metala negoli aluminija za istu površinu, a i sama kovina je skupa. Metalizacija bronzom i bakrom odgovara za dekoraciju interijera, za biste, modele, kipove i sl. koji tim postižu pravi kovinski izgled, naročito u slučaju kada su od jeftinijih materijala, kao što je sadra, beton, itd.

Za fasade je najbolje metaliziranje aluminijem. Betonski panoi mogu se kombinirati nekom drugom fasadnom obradom, jer imamo za sada samo bijeli aluminijski ton. Dobro bi bilo metalizirati stepenišne ili parapetne panoe, naročito tamo, gdje želimo postići trajnu, bijelu nijansu.

Izgled betona metaliziranog aluminijem i uz zrnastu strukturu betona je sličan aluminijskim limenim oblozima. Velika prednost metalizacije u odnosu na oblaganje aluminijskim limom je u nižoj cijeni metalizacije.

Aluminij se može nanositi i na druge građevne materijale, kao što su kamen, azbest, salonit ploče iz ukočenog drva, asfalt, laki betoni, papir, metali itd., čime se vrlo proširuje iskorištavanje metalizacije. Ne odgovara za glatke materijale, kao što je staklo i masna ličenja.

Kako je ovaj način obrade za betonske konstrukcije prikladan, dokazuju hiljade metara metaliziranih obloga u čehoslovačkim elektranama umjesto skupih Faradayovih mreža, kod sjenjenja laboratorija protiv narušavajućih elektrovalova, i drugdje. U tom slučaju se moraju nanijeti deblji slojevi štrcanjem, da bi prostorija bila savršeno zatvorena. Narušavajući valovi se odvode uzemljenjem.

Naročito povoljno bilo bi metaliziranje međašnih kamena uz puteve, jer kristalni aluminij održava u noći vrlo dobro svijetlo, pa bi saobraćaj bio sigurniji. Otpala bi sigurnosna odrazna stakla i naročito godišnje ličenje kamena.

Neograničene su mogućnosti upotrebe metalizacije u građevinarstvu. Metalizaciju građevnih konstrukcija moguće je obavljati relativno jednostavnim postrojenjem koje može biti dostupno svakom građevinskom poduzeću: pištolj za prskanje (prskalica) žicom ili metalnom prašinom, kompresom 6 At s redukcionim ventilom za zrak, boca za plin i kisik, vitao za žicu i gumene cijevi, to je cio pribor za obavljanje radova.

KORIŠTENA LITERATURA

1. František Fiedler, V. Pokovováaní fasad hliníkem, BAREVNE FASADY, SNTL, Praha 1963
2. Konrad Gatz — Wilhelm O. Wallenfang, FARBIGE BAUTEN, Georg D. W. Callwey, München, 1960
3. Inž. Miroslav Svoboda, inž. Miroslav Černý, inž. Karel Bartoň, inž. Vladimir Němec, Jiří Gruber, inž. Lubomir Daněk, OCHRANA KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ, SNTL, Praha 1963
4. Tehnička Enciklopedija, Jugoslavensko leksikografski zavod, Zagreb 1965-66
5. Vladimír Stejskal — Exponáty ve vitrinách — časopis POVRCHOVÉ ŬPRAVY 1965 i 1966 — prospekti N.P. KOVOFINIŠ, Ledeč nad Sázavou

S naših i inostranih gradilišta

TRI VELIKE BRANE U RAZNIM FAZAMA GRAĐENJA

Građenje brana za iskorištenje bogatstva naših voda u svrhu proizvodnje električne energije i za melioracione zahvate još je uvijek u velikom zamahu. Pored nedavno dovršene 75 m visoke nasute brane Sklópe na rijeci Lici za akumulaciju vode hidroelektrane Senj (Građevinar 4/64) u toku su radovi na još tri velike brane.

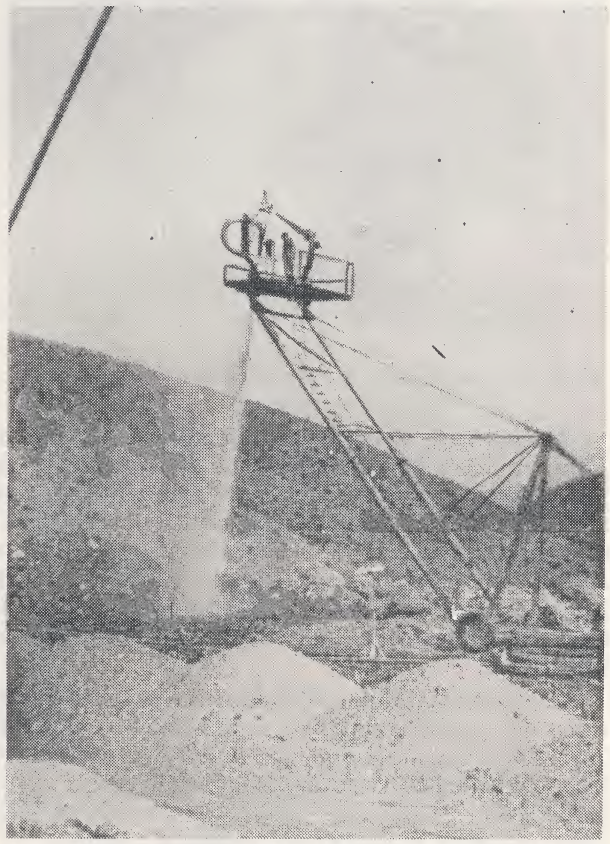
Uskoro će se dovršiti gradnja nasute brane TIKVEŠ na Crnoj Reci kod Kavadaraca u Makedoniji (Građevinar 7/66). Brana je visoka 105 m, nasuta od kamena s centralnom jezgrom od gline. Ukupna je kubatura 2,606.000 m^3 od čega je 195.000 m^3 gline i 270.000 m^3 filtera od šljunka. Brzo dovršenje ovako zamašnih radova značajka je ove građevine. Poduzeće Konstruktor (Split) počelo je građenje brane skretanjem vode Crne Reke kroz

Sl. 1: Pogled na dolinu Crne Reke, u pozadini brana je već zatvorila dolinu

Sl. 2: Utovar kamena u kamenolomu, bager, s kašikom od 2,5 m_3, teški kamioni za prevoz i kipanje; svako otpucavanje daje više desetaka hiljada kubnih metara kamena

obilazni tunel u kolovozu 1965, a u lipnju ove godine preostalo je da se naspe samo još gornjih 10 m brane. Savršena organizacija rada, disciplina izvođača, savršeno rukovođenje i održavanje mehanizacije, izgradnja i održavanje gradilišnih komunikacija za vožnju teškim vozilima u savršenom redu, elementi su koji su omogućili ovaj uspjeh. Radovi su se odvijali bez većih prekida i ljeti i zimi, često su postizani rekordi ugrađivanja materijala, najveći je iznosio 10.200 m^3 kamenog nasipa u jednom danu, studenoga prošle godine. Po ovakvim učincima ovo gradilište i kolektiv Konstruktora rekorderi su u našoj zemlji. Besprikorna organizacija i postignuti uspjesi mogu se mjeriti sa svim sličnim radovima koje izvode velika iskusna poduzeća u inozemstvu. Naše slike 1-4 pokazuju neke detalje s ovog značajnog gradilišta, snimljene prvih dana lipnja ove godine. Slikama nije potreban poseban komentar.

Paralelno s branom dovršit će se i zgrada hidroelektrane u kojoj je već počelo montiranje strojeva, četiri turbine Litostroja — Ljubljana i četiri generatora Rade Končara — Zagreb. Hidromehanička oprema je Metalne — Maribor. Početkom naredne godine hidroelektrana ukupne snage 94 MW uključiti će se u mrežu. Osim Konstruktora na ovom velikom gradilištu sudjeluje Tunelogradnja, Beograd za sve tunelske radove i odvodni ka-

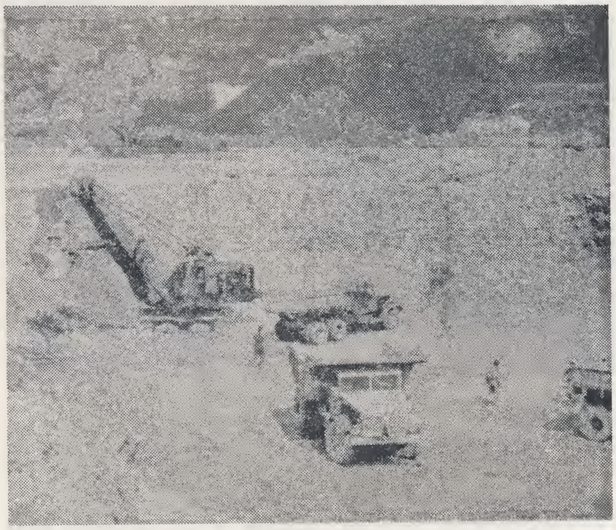


Sl. 3: Kamen se na mjestu nasipanja zbija jakim mlazevima vode

Sl. 4: Uzvodna kosina brane samo je grubo dotjerana na projektirani profil

Sl. 5: Pogled na nasuti dio brane Špiljski most, galerija ulazi u donji široki dio jezgre od gline, uzvodno i nizvodno nasip od šljunka već je dosegao veću visinu

Sl. 6: Pogled na jezgru brane, u pozadini se vidi injekciona galerija od betona



Sl. 7: Pozajmište šljunka za nasipanje brane u dolini Radike

nal, Geološki Zavod Skoplje, za injekcionu zavjesu.

Također u Makedoniji u toku su radovi na drugoj nasutoj brani. To je brana ŠPILJSKI MOST visine 102 m, ukupne zapremine 2,700.000 m^3, koja se podiže u kanjonu Crnog Drima neposredno nizvodno od ušća Radike u Drim blizu Debra. Gradnja je počela kad i na Tikvešu, ali su radovi znatno manje napredovali radi raznih poteškoća tehničke

Sl. 8: Građevna jama za strojarnicu s nizvodnim nasutim zagatom, prvi blok betona već je ugrađen

Sl. 9: Strme litice od vapnenca u kanjonu Pive na mjestu na kojem će se podići 220 m visoka lučna betonska brana

i organizacione prirode. Brana je od šljunka koji se kopa u dolini Radike, s uzvodnom kosom jezgrom od gline i prelaznim filterima od pijeska i šljunka. U koritu Drima brana leži na naslagama šljunka oko 10 m debljine, a na vapnemačkim i flišnim naslagama na bokovima. Da bi se izbjeglo kopanje sloja šljunka do stijene u koritu ispod brane izvedeno je temeljenje betonskim zidom od kesona koji su spušteni do stijene pomoću komprimiranog zraka. No zatvaranje spojeva između kesona izazvalo je veće teškoće nego se predviđalo, pa će se preostali šljunak među njima injektiranjem učiniti nepropusnim za vodu, da bi se spriječilo procjeđivanje kroz temeljno tlo. Opsežni radovi otješnjenja injektiranjem potrebni su i u stijeni ispod temelja brane i u bokovima, jer je propusnost, naročito vapnenačkih slojeva, veoma velika. Radovi injektiranja su u toku, izvodi ih poduzeće Geotehnika iz Zagreba. Nasipanje brane započeto je prošle jeseni nakon što je dovršen obilazni tunel i Drim skrenut iz dotadašnjeg korita pomoću nasute zagatne brane. Šljunak se u branu nasipa u slojevima visine 1,0 m i nabija pomoću vibracionih valjaka, kojima se postiže zapreminska težina od 2,2 t/m^3. Glina se valja u slojevima debljine 25 cm pomoću ježeva. Naše slike 5-8 pokazuju stanje radova u lipnju ove godine. Građenje strojarne za dva agregata ukupne snage 70 MW zahtijeva kopanje do stijene kroz aluvijalni nanos od šljunka u koritu Drima. Da bi se priliv vode u građevnu jamu smanjio na prihvatljivu mjeru izvedene su uzvodno i nizvodno od građevne jame injekcione zavjese injektiranjem smjese gline i cementa u sloj pjeskovitog šljunka, čime je priliv u jamu smanjen na oko 200 l/sec. Prema današnjem stanju i napredovanju radova računa se da bi brana mogla biti gotova do kraja naredne godine. Radove izvodi poduzeće Mavrovo iz Skoplja, projektant je Hidroelektroprojekt, Skopje.

Velikan među branama u našoj zemlji i u Evropi bit će brana MRATINJE na rijeci Pivi u Crnoj Gori. U kanjonu Pive kod sela Mratinje podići će se lučna betonska brana oko 220 m visine. U iznimno kratkom roku od ljeta prošle godine poduzeće Energoprojekt iz Beograda izvelo je veoma opsežne istražne radove na tom velikom i kompliciranom gradilištu i formiralo konture projekta brane. Pripreme za građenje brane već su u velikoj mjeri uznapredovale. Radovi na preloženju postojeće ceste kroz taj dio kanjona Pive i za izgradnju novih cesta za pristup gradilištima u toku su. U toku je i bušenje obilaznog tunela za skre-

Sl. 10: Detalj pristupne ceste gradilištu i staza za izvođenje istražnih radova na strmoj padini kanjona

tanje Pive iz sadašnjeg korita. Fizičke teškoće kojima su izloženi učesnici na tom gradilištu mogu se ocijeniti iz naših slika 9-10 snimljenih u travnju ove godine.

Električna energija proizvedena hidroelektranom uz ovu branu ukupne snage 213 MW namijenjena je pretežno proizvodnji aluminija u Crnoj Gori. E. N.

Kratke vijesti

SARAJEVO. Oko 3,5 milijuna novih dinara bit će utrošeno za izradu osnovnog projekta uređenja sliva rijeke Drine, tj. Drine, Tare, Pive, Lima, Morače i Zete.

Istražne radove u slivu Drine obavit će za 15 mjeseci ova naša poduzeća: sarajevski »Energoinvest«, beogradski »Energoprojekt« i ljubljanski »Elektroprojekt«.

To je u stvari zaključak dogovora predstavnika triju naših republika: Srbije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore.

LIVNO. Nedavno je Skupština općine Livno dala suglasnost za gradnju HE »Orlovac«, čiji je investitor splitsko poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«.

Hidroelektrana »Orlovac« će se graditi na dalmatinskoj strani planine Dinare. Voda za pokretanje turbina dovodit će se s druge strane Dinare, s Buškog blata, i dijelova Livanjskog i Duvanjskog polja, što će se pretvoriti u prostrano umjetno jezero.

Izgradnja dovodnog tunela, dugog više od 12 km, već je počela i radovi se normalno odvijaju. Kako je planirano, HE »Orlovac« treba da se dovrši do 1970. Do tada bi trebalo iseliti oko 6000 stanovnika iz 11 bosanskih sela, koja će potopiti voda.

Tunel kroz Dinaru povezat će jugozapadnu Bosnu i Dalmaciju. Prema projektima, za gradnju tunela i hidrocentrale utrošit će se 800 milijuna n. d. HE će proizvoditi 958 miliona kilovat-sati električne energije godišnje.

Stanovnici duvanjske i livanjske komune imat će znatnih koristi od ove gradnje. Tako će investitor sagraditi suvremenu cestu Duvno-Livno, te cestu od Livna do granice sa SR Hrvatskom.

ŠIBENIK. Formirano je hotelsko-trgovačko poduzeće »Soline«, koje će se brinuti o izgradnji velikog turističkog naselja u Zablaću, nedaleko Šibenika. To će biti naselje sa 17.000 ležaja. Izgradnja prvih objekata započet će u septembru. Već je sagrađeno 4 km puta od Jadranske magistrale do Zablaća. U toku su radovi na izgradnji vodovodne i kanalizacione mreže.

KRK. U Njivicama na otoku Krku investitor svih turističkih objekata je poslovno udruženje »Interplet« iz Zagreba. Urbanističko-arhitektonska osnova izrađena je za 1600 kreveta u čvrstim objektima i oko 1000 u auto-kampu u primorskom stilu u staroj jezgri mjesta, te vikend-naselje u obliku mediteranskog sela i aero-motel od šest soltiera.

POREČ. Špandići se mogu smatrati predgrađem Poreča, u koje se dolazi asfaltom iz Trsta, Kopra, Buja, Umaga ili Novigrada. Lani su ovdje sagrađene brojne vile. Sada se završava izgradnja još 20 obiteljskih vila s pansionskim sobama.Ujedno se gradi novi hotel i proširuje naselje »Luna«.

KLADOVO. Mješovita jugoslavensko-rumunjska komisija za Đerdap odobrila je glavni projekt za objekte koji tvore najvažniji dio hidroenergetskog i plovidbenog sistema Đerdap — brana, hidroelektrana, brodske prevodnice i predpristaništa. Time je stvorena osnova za pravovremeno završavanje radova.

Prema predviđanjima, na našoj i rumunjskoj strani ove će godine izvođači radova ugraditi u branu oko 800.000 m^3 betona.

Radovi na izgradnji sistema Đerdap bit će, kako se planira, definitivno završeni 1971. Od tada će dvije susjedne zemlje dobivati po 5,5 milijardi kilovat-sati električne energije godišnje.

BITOLA. U punom su toku radovi na izgradnji Pedagoške akademije. Useljenje u nove prostorije planirano je za septembar. U izgradnji će se utrošiti 5 miliona n. d.

TREBINJE. Postignut je sporazum općine Trebinje, HE »Trebišnjica« i Zavoda za zaštitu spomenika kulture SR BiH o rokovima za nastavak rekonstrukcije historijsko arhitektonskog vrijednog spomenika — Arslanagić mosta. Ove će se godine obaviti svi istraživački radovi. Završetak radova i konačno montiranje mosta na novoj lokaciji očekuje se u toku 1970.

BRUS. Varošica Brus, ispod ogranaka Kopaonika, povoljna je za oporavak djece. Beogradska općina »Vračar« sagradila je nedavno u Brusu veliki komforni hotel za djecu, za njihovo ljetovanje. To je jedinstveni tip hotela u našoj zemlji.

BEOGRAD. ŽTP Beograd osnovalo je Direkciju za izgradnju pruge Beograd-Bar. U direkciji će raditi oko 130 stručnjaka. Oni će preuzeti brigu o svim radovima na trasi pruge. U ovoj će se godini za radove na toj željezničkoj magsitrali utrošiti oko 82 miliona n. d.

RIJEKA. Otvoren je aerodrom na Grobniku kod Rijeke. To je međunarodni aerodrom za turističke i sportske avione do 7 tona. Aerodrom na Grobničkom polju dobio je novu asfaltnu pistu dugu 1310 i široku 30 m. Zemljane radove na pisti izvele su inženjerijske jedinice JNA.

CRIKVENICA. Most koji će preko mora povezati otok Krk s kopnom bit će dug 725 m i po nekim karakteristikama jedinstven u svijetu.

U poduzeću »Rijeka-projekt« Rijeka, priprema se izrada glavnog projekta tog mosta. Idejni projekt, na

kojem već nekoliko godina radi ing. P. Jušnjevski, kao glavni projektant, sa svojim suradnicima, već je dovršen. Očekuje se da će se glavni projekt dovršiti potkraj 1968, a most bi spojio otok s kopnom 1971. godine.

Most će premostiti Mala vrata (tako se zove prolaz između Jadranova, kod Crikvenice, na kopnu i Voščice na otoku Krku), koja su tu široka 485 m. U tjesnacu gdje je more duboko oko 60 m izradit će se umjetni otoci. Oni će biti od armiranog betona. Ti otoci će biti 15,5×21 metar, a svakog će držati po 4 armiranobetonska okrugla stupa promjera 4 m. Ti će stupovi biti visoki oko 56 m, a s platforme umjetnog otoka dizali bi se stupovi, nosači mosne konstrukcije visoki oko 33 m. Prema tome, nosači mosne konstrukcije zajedno s umjetnim otokom i stupovima koji ih drže bit će visine oko 90 m.

Gradnjom umjetnih otoka rješavaju se tehnička pitanja za gradnju mosta dugog 725 m, od čega 485 m iznad morske površine, a ostal idio iznad tla na otoku i kopnu. Naime, plovidba ovdje zahtijeva da mosna konstrukcija mora biti najmanje 35 m iznad morske razine, a budući da su obale, osobito na Krku, niske treba i preko dijelova kopna sagraditi dio mosta kako bi se postigla ta visina i istodobno smanjio uspon kolovoza mosta samo na oko pet posto.

Most će se graditi od čelične konstrukcije, slične Savskom mostu kraj Beograda. Ukupna širina mosta iznosit će 11 m. Osim mosta treba sagraditi i cestu do Jadranske magsitrale dugu 2220 m i cestu na otoku Krku do sadanje ceste, također dugu 2220 m.

Radovi će iznositi oko 48 miliona n.d, i trajat će dvije godine. Most će još više dobiti na značenju kad se na Krku sagradi aerodrom.

SPLIT. U toku su pripreme na organizaciji za izgradnju auto-puta Zagreb-Bihać-Split. To će biti najvažnija veza centralne Evrope sa Sredozemljem. Za ovu cestovnu magistralu, prema približnom proračunu Inženjerskog projektnog zavoda iz Zagreba bit će potrebno jedna i po milijarda n.d.

Otplata kredita i održavanje ceste ostvarivat će se od naplaćivanja cestarine. Utvrđeno je veliko zanimanje raznih inozemnih firmi za ulaganje novca u ovu izgradnju.

Među prvenstvene zadatke za što skoriji početak radova smatra se da je potrebno formirati poduzeće za izgradnju, izraditi tehničko-ekonomsku dokumentaciju, donijeti odluke o angažiranju sredstava republičkih fondova za ceste u skladu s Osnovnim zakonom o javnim cestama, te nastaviti s prikupljanjem ponuda domaćih i stranih investitora.

NOVI BOR (Čehoslovačka). Stotinjak kilometara sjeverno od Praga, u Sudetima, oko 700 naših radnika iz tri poduzeća ujedinjena u poslovno udruženje »Union-inženjering« prihvatilo se još prije dvije godine velikog zadatka: na oko 16 ha površine sagraditi 39 objekata budućeg gigantskog staklarskog kombinata. Na zajedničkom poslu našla su se dva beogradska i jedno zagrebačko poduzeće: beogradski »Rad« i »Trudbenik« i zagrebački »Monter«.

Radovi dobro napreduju. Glavni projektant izvedbenog projekta je Ing. Ljubiša Jocić iz Beograda. Gradilište je nazvano Gradilištem jugoslavensko-čehoslovačkog prijateljstva. R. P.

Iz inozemnih časopisa

POSLIJE SANIRANJA TEMELJA RAD NA ČIKAŠKOM NEBODERU SE NASTAVLJA

(Engineering News-Record, New York, oktobar 1966. i januar 1967)

U Chicagu su nekako istovremeno, potkraj ljeta 1966, bile otkrivene greške na temeljima dviju visokih zgrada u građenju (Građevinar broj 5 iz 1967). Temelji na jednoj i drugoj zgradi su istog tipa, koji nazivaju kesonima. Kroz nedovoljno nosivo tlo sve do zdrave stijene strojno se buše duboki bunari, koji se zatim pune betonom.

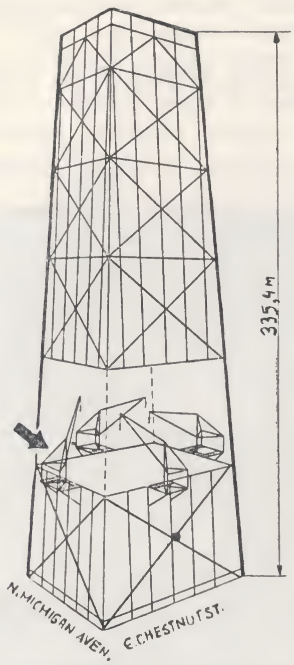
Taj tip temeljenja je, čini se veoma omiljen u Chicagu, a kako će jedna od projektiranih zgrada na kojoj su otkriveni loši temelji biti visoka 335 m, otkriće grešaka izazvalo je među stručnjacima veliko interesovanje i zaprepaštenje.

U prvi mah se krivica svaljivala pretežno na nedovoljan nadzor, ali se kasnije stalo postavljati i pitanje odgovornosti svih koji projektiraju, izvode odnosno dozvoljavaju da se izvode temelji na tako rizičan način. Neshvatljiv je naročito način primijenjen na nižoj od dvije čikaške zgrade, gdje se bton ugrađivao u bunare bez zaštitne čelične ljuske. Svakako je ogroman nesrazmjer između nekih desetak hiljada dolara koliko je možda ušteđeno kod izvedbe temelja i šteta koja će možda iznositi i nekoliko stotina hiljada dolara. A ne smije se ni pomisliti na katastrofu do koje bi prije ili kasnije došlo da greške nisu zapažene pravovremeno.

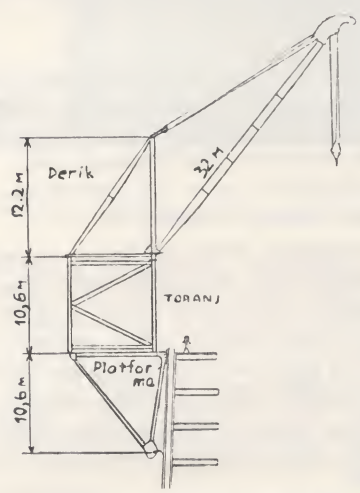
Neboder John Hancock će biti najviša zgrada u Chicagu. Prema gore se zgrada sužava ,a vanjski zidovi su projektirani kao rešetkasta konstrukcija s dijagonalama vidljivim izvana (Građevinar 8/1965).

Poslije opsežnog ispitivanja svih temelja i popravka neispravnih na neboderu su krajem januara 1967. počeli radovi na podizanju čeličnog skeleta koji su mirovali 5 mjeseci.

Montaža čelične konstrukcije na najnižih šest katova obavljat će se pomoću kranova gusjeničara, a od sedmog do stotog kata pomoću derik kranova smještenih na postolja koja će se penjati po vanjskim stranama skeleta (sl. 1 i 2).



Sl. 1: Kostur nebodera od 100 katova, po kome će se izvana penjati 4 montažna derik krana



Sl. 2: Derik kran pred početak radova na novom položaju

Od sedmog do 80-og kata za montažu kostura bit će potrebna 4 derika, jedan na svakoj strani zgrade. Za montažu najviših 20 katova, gdje je zgrada znatno uža, bit će dovoljna 2 derika.

Derik kranovi bit će montirani na postoljima, koja će se sastojati od tornja 10,6 m visokog i platforme iste visine, pričvršćene zavornjima za čelični kostur zgrade.

Svaki derik će imati svoje zasebno vitlo, ali vitla neće biti smještena na postoljima za derik, već na stropnoj konstrukciji u unutrašnjosti zgrade. Vitla će se premještati samo triput (najprije će biti smještena na drugom, zatim na 38-om i najzad na 75-om katu), dok će postolja s dericima mijenjati svoj položaj mnogo češće; ona na čelima zgrade po 35 puta, a na zabatima po 31 put.

Premještanje derika izvodit će se tako da će se preko glava upravo montiranih stupova po kojima se penju postolja konzolno isturiti nosači na koje će se učvrstiti zasebna vitla, na čija će se užeta ovjesiti čitavo postolje. Zatim će se osloboditi zavornji koji su dosada spajali platformu sa stupovima kostura zgrade i vitlima brzinom od oko 50 cm u minuti cijelo postolje dići u nov položaj i tamo iznova učvrstiti zavornjima.

Pošto su u vezi s postavljanjem i premještanjem postolja neki konstruktivni dijelovi zgrade preopterećeni, morat će ih se privremeno pojačati.

Na drugoj zgradi, 25-katnici s jednim neispravnim temeljem, izmijenjen je način saniranja utoliko što će se teret stupa nad tim temeljem prenijeti nadvojem od armiranog betona na dva nova temelja podignuta uz neispravni.

B. P.

BETONSKE PLOČE SMANJUJU GUBITAK VODE U OTVORENIM REZERVOARIMA

(Engineering News-Record, New York, oktobra 1966)

Pokusima obavljenim u Jugozapadnoj Africi na dva otvorena rezervoara postignuti su dobri rezultati u smanjivanju ishlapljivanja vode pomoću ploča od lakog betona (slika). Ovo je od velikog značenja za tu zemlju u kojoj vlada kronična nestašica vode.

Pokriva se pločama od polistirena i betona 60/60 cm, debljine 5 cm. Gornja površina ploča je obojena bijelo da bi se što bolje reflektirale intenzivne sunčane zrake. Ishlapljivanje vode je kod pokusa bilo smanjeno za skoro 80%. Kako je specifična težina materijala 0,8, ploče su uronjene u vodu za oko 5 cm i tako nema opasnosti da se kod vjetra naguraju u gomilu.

Radi povećanja trajnosti ploča i sprječavanja neugodnog mirisa, donja površina ploče je premazana bitumenskom masom. Uglovi pojedinih ploča su zaobljeni da bi voda mogla disati

Proizvođač je ploče patentirao.

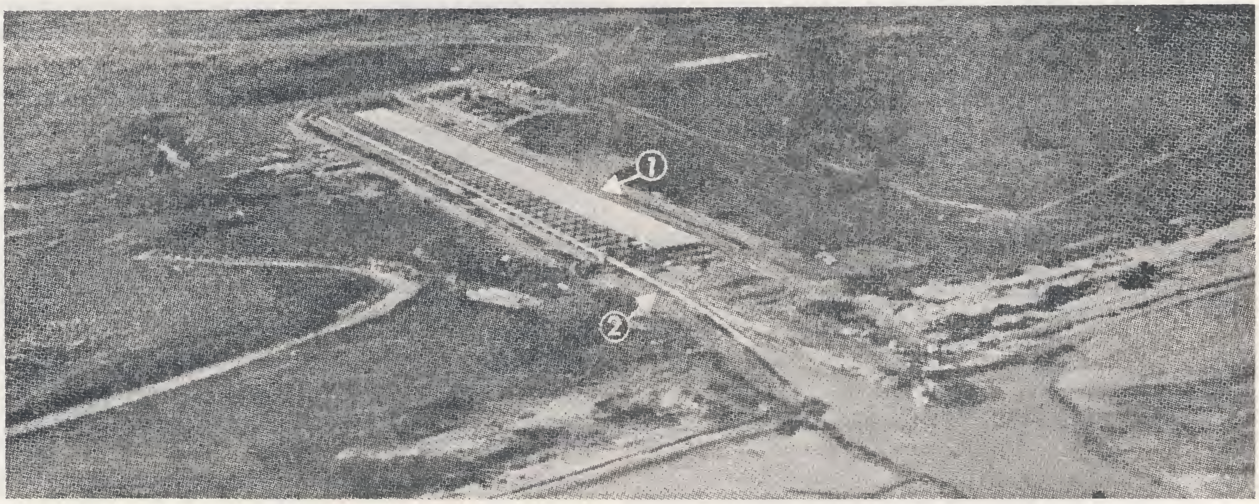
B. P.

POLAGANJEM CIJEVI U MORE SMANJENA DUŽINA VODOVODA ZA 92 KM

(Engineering News-Record, New York, oktobar 1966)

Pri rekonstrukciji jednog skupnog vodovoda na jugu Australije (za područje grada Whyala) smanjena je dužina glavne dovodne cijevi za 92 km time što nova sekcije dadu lako koturati na stazu (sistem valjaka), po kojoj cijevi klize u more (sl. 1 i 2).

Za vučenje cijevi preko zaljeva umjesto čeličnog užeta upotrebljen je lanac dužine 11 km izrađen od čeličnih cijevi manjeg promjera, zavaren u sekcije 360 m duge i položen u prethodno izbagerovan jarak



Sl. 1: Cijevi su spojene u sekcije dužine 720 m i uskladištene (strelica 1), a zatim se spajaju i odvlače u more (strelica 2)

trasa vodi preko morskog zaliva Spancer umjesto da ide kopnom paralelno sa starom trasom, koja je duga 103 km.

Novi vod je dužine 11 km, a izveden je od čeličnih cijevi svjetlog promjera 84 cm, obloženih betonom. Predračunska svota je 3,5 miliona dolara.

Sl. 2: Staza po kojoj cijev klizi u more

Polaganje cijevi na dno zaliva trajalo je 8 dana, ali pripremni radovi i obrada cijevi na gradilištu trajali su više od godine dana.

Cijevi su u čeličani, udaljenoj 230 km, izrađivane u dužinama od 9 m i prevučene azbest cementnim mortom debljine 19 mm, a zatim dopremane brodovima na gradilište, gdje su cijevi zavarene u 16 sekcija dužine 720 m, zatim prevučene katranom i obložene betonom debljine 5 cm. Rad na pripremi cijevi obavljan je na uzdignutoj podlozi, sa koje se pojedine na dnu zaliva. Rukovanje s tim lancem bilo je lakše nego s užetom s obzirom na manju težinu cijevi u vodi (uslijed većeg uzgona). Pored toga poduzetnik tvrdi da uže koje bi toliko vremena ležalo u morskoj vodi kao ovaj lanac ne bi po završenom radu predstavljalo više nikakvu vrijednost.

Poslije dovršenih priprema lanac za vučenje spojen je sa specijalnim fasonskim komadom navarenim na prvu sekciju vodovodne cijevi i zatim je počelo prevlačenje cijevi pomoću vitla nosivosti 300 tona, smještenog na suprotnoj obali. Brzina prevlačenja je iznosila 7,5 m/min. Čim je jedna sekcija cijevi odvučena svojim većim dijelom u more, dovaljana je na njeno mjesto iduća sekcija, zavarena s onom prethodnom, itd.

Pa završenom poslu jarak je zatrpan.

B. P.

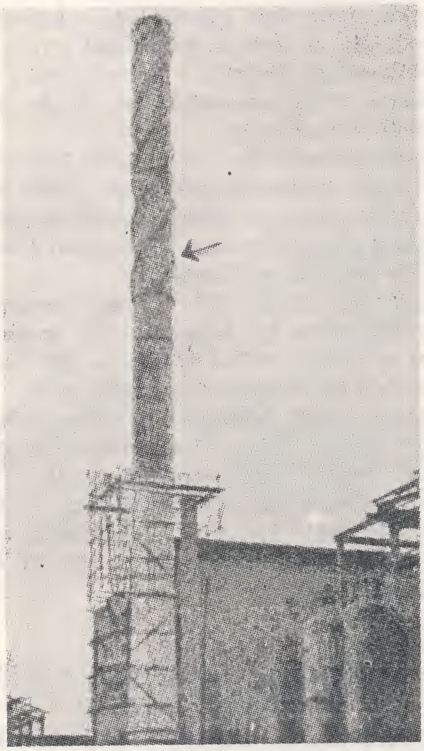
SPIRALNE PERAJE SMIRUJU TREPERENJE ČELIČNIH DIMNJAKA

(Engineering News-Record, New York, oktobar 1966)

Trake spiralno omotane oko gornjeg dijela čeličnih tvorničkih dimnjaka širom Engleske izgledaju na prvi pogled kao modernistički ukras, međutim one imaju važan praktičan zadatak da smanje treperenje vitkih dimnjaka uslijed vjetra (slika). Zato su nazvane stabilizatorima.

Problem se u zadnje vrijeme zaoštrio. Nema doduše vijesti da se koji dimnjak srušio, ali neke tvornice su ih demontirale zbog suviše snažnog treperenja kod vjetra. Smatra se da su suvremene metode izgradnje čeličnih dimnjaka zavarivanjem dovele do učestalih

pojava intezivnog vibriranja. Zavareni dimnjaci su mnogo krući i imaju manje unutrašnje strukturno prigušivanje nego dimnjaci spojeni zakovicama ili vijcima, kod kojih se dio energije vjetra pretvara trenjem u toplinu.



Navarene peraje smiruju upliv vjetra na dimnjak

Stabilizatore je projektirao Nacionalni fizički laboratorij (NPL), Vel. Britanije poslije serije pokusa na modelima u tunelima za promatranje učinaka vjetra. Do oscilacije dovode nepravilni pritisci prouzrokovani vrtlozima koji se stvaraju sad s jedne sad s druge strane dimnjaka. Trake prekidaju ritam vrtložnog zraka koji se penje uz vanjsku površinu dimnjaka, tako da se rezultirajuće sile poništavaju što dovodi do eliminiranja oscilacija.

Trake su od čelika, navarene na dimnjak i omotane oko njega u obliku spirale. Pokusima utvrđena optimalna izvedba spirale jest sa tri hoda i visinom hoda jednakom peterostrukom promjeru dimnjaka. Širina trake jednaka je 0,09 promjera dimnjaka. U praksi se pokazalo da je dovoljno da se trake izvedu samo u gornjoj trećini dimnjaka.

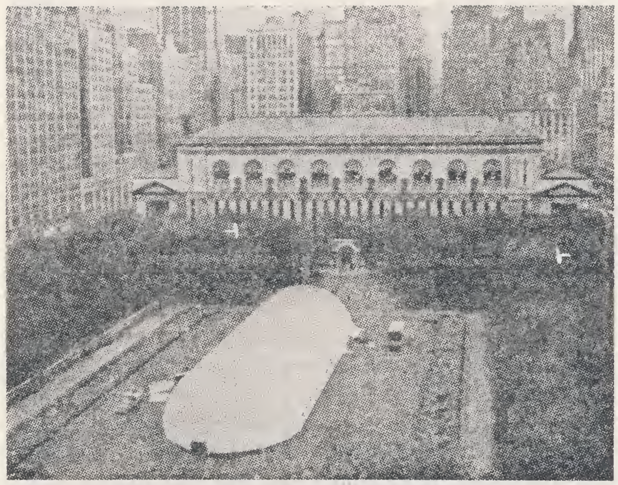
Stabilizatori su patentirani.

B. P.

FESTIVAL ODRŽAN U ZRAČNOM BALONU

(Engineering News-Record, New York, novembar 1966)

Krajem oktobra je u menhetenskom parku usred New Yorka održan festival bavarske muzike u »zgradi« od plastike naduvene zrakom (slika). U zgradu je stalo 1500 posjetilaca. Smatra se da je ovim nađeno rješenje za zabave ove vrste u kišovitim mjesecima.



Zgrada je 60 m duga i 18 m široka, s krajevima zaobljenim kao četvrtina kugle. Poprečan presjek je polukrug. Okretna vrata smještena na čelu i začelju (za ulaz u zgradu i izlaz iz nje) sprečavala su prevelik gubitak zraka.

Zgrada je dovežena u sklopljenom stanju kao svežanj promjera 1,8 m. Ona je od prozirnog najlona težine 0,7 kg/m^2 prevučenog s obadvije strane vinilplastikom. Ovo tkivo se rastegne po tlu unutar zacrtanog oboda. Zatim radnici na svakih 1,20 m po obodu zabiju kotve i preko njih pomoću strojnog vitla 1400 kg zategnu kabele. Na te kabele se pomoću U-spojki sa dvije matice pričvrste kabeli ušiveni u najlonsko tkivo. Kad se taj veliki balon napuhne pretlak zraka pritisne pojas tkiva koji se prostire na širini 60 cm na čitavom obodu prema unutrašnjosti zgrade na tlo i tako se osigura nepropusnost za zrak na obodu.

Zrak se upumpava pomoću tri ventilatora po 5 KS, dok se ne postigne unutrašnji pretlak od 25 kg/m^2. Za održavanje tog pretlaka dovoljno je da radi jedan ventilator, ali za izmjenu zraka u zgradi potrebna su sva tri.

Tkivo je poluprovidno i danju nije potrebna umjetna rasvjeta. Prozori na uzdužnim stranama zgrade su od providnog vinila. Oni su čisto dekorativni — ne otvaraju se.

B. P.

UREĐAJ ZA GAŠENJE POŽARA PRETVARA 1 l VODE U 1000 l PJENE

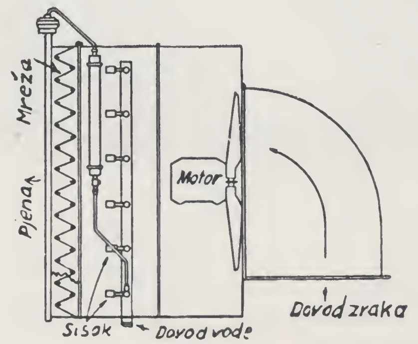
(Engineering News-Record, New York, novembar 1966 i januar 1967)

Relativno nov uređaj za gašenje požara obilnom pjenom obećava da će riješiti neke probleme zaštite od požara u industriji.

Pjena gasi požar prvenstveno time što ne dozvoljava pristup kisika, a u daleko manjoj mjeri time što požar hladi. Efekt hlađenja je malen, jer pjena sadrži malo vode. Većina ovakvih uređaja je konstruirana tako da 1 litar vode daje 600 do 1000 litara pjene. Pjena je pogodno sredstvo naročito za zaštitu od

požara predmeta koji se drugačije dadu teško zaštititi — zapaljivih tekućina, te robe složene u visoke hrpe, gdje sprinkleri ne mogu pružiti dovoljnu odnosno nikakvu zaštitu. Zato će kombinacija sprinklera i novih uređaja biti od velike važnosti.

Uerđaj je vrlo jednostavan (sl. 1). Niz siskova štrca smjesu vode i agensa za pjenjenje na mrežu kroz koju velikom brzinom struji zrak. Rezultat su bezbrojni mjehurići. Najveće jedinice su u stanju da proizvedu preko 2000 m^3 pjene na minutu (sl. 2).



Sl. 1: Ventilator tjera zrak preko zasićene mreže

Sl. 2: Početak rada uređaja u jednom hangaru

Dobro svojstvo novog sistema je da on zbog male sadržine vode ne oštećuje mnogo gašeni predmet.

Njegove loše strane su ove:

— mreža je osjetljiva na vrućinu i uređaj može biti izbačen iz upotrebe ako vatra stigne do njega prije nego automatska detekcija otkrije požar; zato je ona u nekim aparatima zamijenjena rešetkom;

— uređaj je zavisan o električnoj struji, dok većina sprinklera funkcionira i bez nje; zato se i kod ovih uređaja pokušava električnu struju zamijeniti tlakom vode iz vodovoda;

— pjena je neprozirna, pa bi ljudi koji bježe pred požarom mogli nastradati padanjem preko stepenica, strojeva, alata, otvora u podu itd; zato je većina uređaja spojena sa sirenom koja daje signal nekoliko sekundi prije početka rada uređaja.

Novi uređaji mogu biti korisni kombinirani sa sprinkler uređajima čiji kapacitet tada može biti manji. Tako se postižu velike uštede na potrebnim količinama vode i na investicionim troškovima.

Još nema pravih iskustava o radu novih uređaja u uvjetima jakog vjetra. Postoji opasnost da vjetar pjenu, kao veoma laganu, prosto rasprši.

Stručnjaci se, međutim, slažu u tom da novi uređaji mogu biti vrlo korisni na lokacijama, gdje zbog malog pritoka vode nijedan drugi sistem nije primjenljiv.

B. P.

SAD DAJE TEMPO PORASTU NUKLEARNE ENERGIJE U SVIJETU

(Engineering News-Record, New York, decembar 1966)

U Sjedinjenim Američkim Državama je 1966 najavljeno građenje 23 nuklearne elektrane, što je gotovo šest puta više nego u 1965. godini.

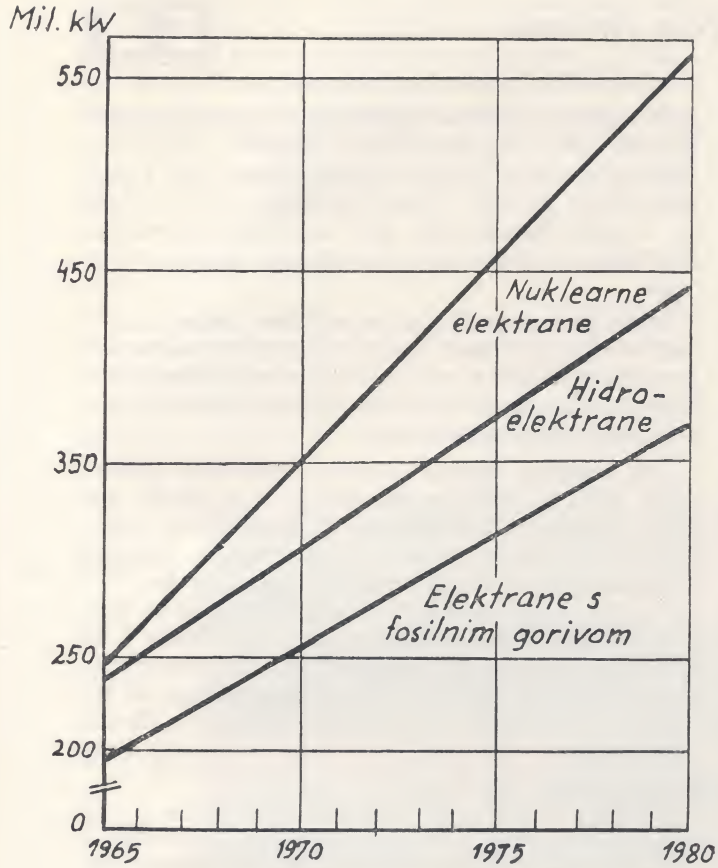
Te 23 elektrane će imati ukupan kapacitet od 19,5 mil. kW i stajat će 1,5 milijardi dolara. To je jednako trošku podizanja svih nuklearnih elektrana između 1953 (kad je bilo najavljeno građenje prve elektrane) i kraju 1965, dok kapacitet tih elektrana iznosi samo 9 mil. kW.

U 1965. god. je kapacitet novoprojektiranih nuklearnih elektrana iznosio samo 26% od svih novih elektrana na pogon parom, dok je u 1966. taj procenat porastao na 51%.

Na osnovu svega toga Atomska energetska komisija (AEC) revidirala je svoje predviđanje kapaciteta nuklearnih elektrana u SAD u 1980. godini na 110 mil. kW (slika), što je skoro dvaput više od njene procjene prije četiri godine.

Neočekivano ubrzanje podizanja nuklearnih elektrana u 1966. dovodi do ocjene da će 2000. godine nuklearne elektrane proizvoditi 50% od ukupne proizvedene energije i da će se od tada unaprijed podizati još samo nuklearne elektrane.

Nuklearne elektrane koje su sada u pogonu u SAD ne mogu po cijeni proizvedene energije konkurirati elektranama odgovarajućeg kapaciteta loženim fosilnim gorivima. Međutim građenjem sve većih jedinica, a tendencija za to postoji (u 1966. god. preko 50% svih termoeletrana ima jedinice veće od 500 000 kW,



Predvidiv porast instaliranih kapaciteta elektrana SAD u mil. kW

dok je 1962. god. odgovarajuća snaga bila samo 300 000 kW), nuklearne elektrane postaju relativno sve povoljnije.

Ipak, optimističke ocjene prevlasti nuklearnih elektrana u budućnosti osnivaju se zasada još uvijek uglavnom na pretpostavci da će ugljen poskupiti, iako su već i danas nuklearne elektrane u nekim područjima sposobne za konkurenciju s termoelektranama s fosilnim gorivom. Tako se u programu izgradnje nuklearne elektrane u dolini Tennessee navodi da će struja proizvedena nuklearnim gorivom stajati 0,046 centi po kWh manje nego da je proizvodi ugalj.

Ekonomičnost nuklearnih elektrana će se povećati kad se one budu gradile u blizini velikih gradova, jer trošak podizanja dalekovoda i gubici kod prenosa sada često smanjuju njihovu ekonomičnost.

Zapadna Evropa. U Vel. Britaniji se nukl. elektrane grade uglavnom na jugu, gdje su cijene ugljena, uslijed prevoza sa sjevera, visoke. Nuklearne elektrane pokrivaju uglavnom osnovno opterećenje, dok vrške podmiruju elektrane ložene ugljenom i elektrane s prepumpavanjem. Sada su u pogonu ili se upravo dovršavaju nuklearne elektrane ukupnog kapaciteta 5 mil. kW. Do 1980. Velika Britanija računa s kapacitetom nuklearnih elektrana od najmanje 16 mil. kW.

U Francuskoj planiraju da će u pokrivanju osnovnog opterećenja nove nuklearne elektrane sudjelovati sa 40 do 50% u periodu 1971—1975, sa 85 do 90% u periodu 1976—1980, a sa 100% od 1980. dalje. Do 1980. Francuska računa s nuklearnim kapacitetom od 14 mil. kW.

Nedavno je Francuska po prvi put zaključila prodaju reaktora inozemstvu. Reaktori će biti ugrađeni u elektranu Tarragona u Španjolskoj kapaciteta 500 000 kW. Ugovorena cijena reaktora je 90 mil. dolara, a ukupan trošak izgradnje elektrane 130 mil. dolara. U Španjolskoj već postoje 2 nuklearne elektrane. Gradile su ih američke tvrtke.

Potrebe Zapadne Njemačke u električnoj energiji porast će do 1980. na trostruko. Očekuje se da će do tada učešće nuklearnih elektrana u pokrivanju ukupnih potreba porasti na 27% (sada ono iznosi samo 0,04%) i da će njihov kapacitet iznositi 14 mil. kW.

U Italiji se porast nuklearnih elektrana očekuje tek poslije 1970. Računa se da će instalirana snaga 1980. iznositi 10 mil. kW.

Latinska Amerika. Potrebe za električnom energijom rastu tamo brzim tempom, ali s obzirom na velike rezerve fosilnih goriva ne očekuje se da će se prije 1985. graditi nuklearne elektrane u većem opsegu.
na se da bi do 1985. samo 4 zemlje mogle imati po-

Azija. U Aziji je dosad iskorišteno samo 10% od raspoloživih hidroenergetskih potencijala. Zato se u idućih 20 godina očekuje prvenstveno živa izgradnja hidroelektrana.

Međutim, pojedina područja mogu postati zavisna o nuklearnoj energiji već i ranije. Pretpostavlja se da bi do 1980. mogli izgraditi nuklearne kapacitete: Japan 10 mil. kW, Indija (u svim regionima osim na sjeverozapadu) 10 mil. kW, Pakistan 1,2 mil. kW.

Afrika. Jugoistočna Afrika ima velike zalihe ugljena, sjeverozapadna velike zalihe nafte, pojas od Madagaskara do Nigerije velik hidropotencijal. Računa se da bi do 1985. samo 4 zemlje mogle imati potrebu za reaktorima (kap. oko 250 000 kW).

SSSR. Vjeruje se da će nuklearne elektrane biti građene prvenstveno u Sibiru i da će Sovjetski Savez do 1980. izgraditi nuklearne kapacitete od oko 20 mil. kW.

B. P.

Iz Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske

ZAGREBAČKI ŽELJEZNIČKI ČVOR U IZGRADNJI

Radovi modernizacije na našim prugama nastavljaju se. Jedan od većih pothvata je izgradnja ranžirnog kolodvora u Zagrebu. Donosimo informaciju o toj izgradnji. Autor je o ovoj temi održao uspjelo predavanje u DGIT Zagreb.

—

Već nakon prvog svjetskog rata bilo je očito da će se Zagreb kao industrijski centar Hrvatske naglije širiti. Prema sjeveru nije bilo moguće, jer je to priječila Zagrebačka gora. Od preostale tri najpogodnija je bila južna strana, ali se i na njoj ispriječila jedna smetnja: željeznička pruga zapad-istok koja prolazi kroz sam grad.

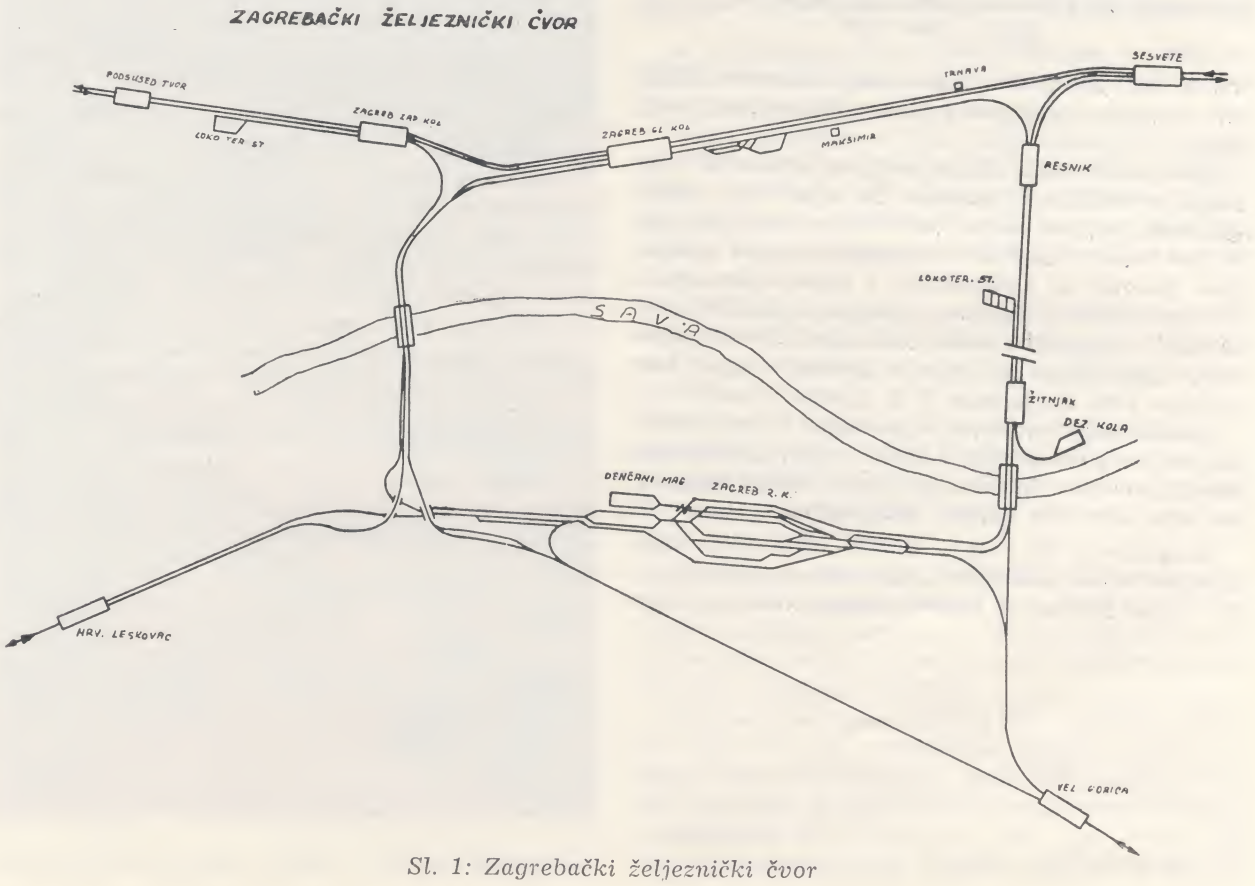
Budući da tada nije bilo ni šire urbanističke koncepcije daljnjeg razvoja Zagreba ni sagledavanja potreba željezničkog saobraćaja, pribjeglo se djelomičnim rješenjima kakva su diktirale neposredne potrebe. Najprije je podignut nivo pruge od glavnog kolodvora do Save i do Zapadnog kolodvora te izgrađen sadašnji željeznički most preko Save.

Grad je međutim sve više rastao. Još oko 1930. počele su u njemu rasprave kamo da se premjesti glavni kolodvor i kako da se uopće riješi problem željezničkog saobraćaja kroz Zagreb. Grad je postao snažna prirodna raskrsnica željezničkog saobraćaja Evropa-Istok-Azija i najjače željezničko sjecište u zemlji. Postrojenja za prijem robe i putnika, uzan prostor i mali kapaciteti predstavljali su s jedne strane usko grlo naraslog saobraćaja, a s druge strane prepreku širenju grada prema jugu.

Sve je to upućivalo da problem treba riješiti radikalnim zahvatom. To je učinjeno tek sadašnjim projektom kojemu su prethodile razne konzultacije. U njima su učestvovali svi žainteresirani faktori, ustanove i nadleštva.

Na temelju analize obujma prijevoza godine 1962. kada je prijevoz bio manji nego ostalih godina, nepobitno je dokazano da su sadašnji kapaciteti ranžirnih i putničkih kolodvora u Zagrebu preopterećeni te da ne zadovoljavaju potrebe. Stoga je kao najbolje prihvaćeno rješenje da se ranžirni kolodvor podigne na desnoj obali Save i da se u prvoj etapi izgrade potrebne priključne pruge od stanica gdje se putnički promet odvaja od teretnoga. To su stanice Sesvete, Vel. Gorica, Hrvatski Leskovac i Zapadni kolodvor. Koncepciju ovog projekta vodi Ing. Čaklović.

Godine 1957. počela se graditi priključna pruga Sesvete-Vel. Gorica. Ona se poklapa s izgrađenim industrijskim kolosijekom Toplane na dijelu Res-



Sl. 1: Zagrebački željeznički čvor

nik-Žitnjak. Ove godine počet će izgradnja najvažnijeg objekta — samog ranžirnog kolodvora. S izgradnjom čvora započeto je ove godine i podizanje pruge kroz sam grad od novog podvožnjaka u Branimirovoj ulici do nešto iza stajališta Maksimir. Ranžirni kolodvor proteže se od sela Klare do sela Mičevca, računajući priključke na novu obilaznu prugu i staru prugu Zagreb-Vel. Gorica.

Ranžirni kolodvor ima ove zadatke:

— prijem i otprema svih teretnih tranzitnih vlakova;

— prijem, rasformiranje i ponovno formiranje direktnih i sabirnih teretnih vlakova;

— prijem, prerada i otprema denčara;

— izdvajanje loko bruta, formiranje kružnih vlakova, prijem loko bruto i uključivanje u vlakove za otpremu.

vrstavaju u smjernu skupinu, a odatle u otpremnu skupinu i u uputne pravce.

Zagrebački ranžirni kolodvor imat će dvije spuštalice. Ako se radi na jednoj spuštalici, vagoni mogu ući na svaki slobodan kolosijek smjerne skupine, a pri radu na dvije spuštalice, samo na južnu odnosno sjevernu polovicu. U slučaju sabirnih vlakova koji ostavljaju bruto na usputnim stanicama, radi se na klasičan način i na simultano razvrstavanje: sabirni se bruto ne skuplja na kolosijeke u smjernoj skupini po uputnim pravcima, već po redoslijedu stanica i to na jedan kolosijek više njih. Tako se formiraju vlakovi za sve uputne smjerove istovremeno.

Radovi na kolodvoru zahtijevaju 300.000 m^3 usjeka i oko 500.000 m^3 nasipa. Uređaji će biti automatski s centralnom komandom, a prijemna,

Sl. 2: Navlačenje konstrukcije novog željezničkog mosta preko Save

Kolodvor se sastoji od prijemne, smjerne i otpremne grupe kolosijeka s ukupnom dužinom od oko 80 km s 350 skretnica. Spuštalica je ispred smjerne skupine. Kolosijeci ulazne i otpremne grupe dimenzionirani su za korisnu dužinu od 130 osovina za vlakove iz smjera istoka i 120 osovina za vlakove iz smjera zapada, dok su kolosijeci smjerne skupine duži za 20—30%, zavisno od vrste vlakova.

Izgradit će se centralno skladište za preradu lokalne i tranzitne denčane robe, depo za lokomotive, centralna carinarnica, upravna zgrada i ostali manji objekti potrebni za obavljanje službe na tom kolodvoru.

Predviđa se da će u god. 1970. dnevno dolaziti u Zagreb ukupno 125 vlakova, od kojih 74 za razvrstavanje. Kapacitet kolodvora bit će u konačnom obliku 5000 vagona dnevno. Da bi se odredio kapacitet, pravljeni su opsežni računi na temelju tačnih podataka o prispjeću vlakova, vagona i robe.

Normalno je da vlakovi ulaze u ranžirni kolodvor u pravcu razvrstavanja, ali je to bilo nemoguće učiniti, pa ulaz na naš kolodvor iz protivnog pravca imaju vlakovi iz Dugog Sela-Sesveta, a izlaz vlakovi prema zapadu.

Normalan redoslijed rada jest da vlakovi dolaze u prijemnu skupinu, pa se preko spuštalice raz-

otpremna skupina i pola depoa za lokomotive bit će elektrificirani.

Teretno obilazna pruga Sesvete-Vel. Gorica ima 16,184 km, a na njoj se nalaze dvije stanice: Resnik s četiri kolosijeka i četiri za industriju, ukupno 8 (predviđena za industriju sjeverno od autoputa) te stanica Žitnjak, zasad s pet kolosijeka (za industriju južno od autoputa).

Takva dispozicija isključuje ujedno presijecanje modernog puta Zagreb-Beograd. Trasa pruge nalazi se u terenu s nasipima manjim od 0—2 m, jedino kod nadvožnjaka na putu Zagreb-Beograd i mosta na Savi ima nasipe visoke 6—8 m. U vertikalnom smislu ima padove od 1—4‰ dok su obostrane rampe mosta na Savi u padu od 5‰ s vertikalnim zaobljenjem nivelete na sredini mosta s R = 10.000 m. Prema Vel. Gorici pruga je horizontalna, a odmah iza mosta skreće ka ranžirnom kolodvoru, spuštajući se na njegovu niveletu, koja je uglavnom u terenu.

Planum je do mosta rađen za dva kolosijeka, a sada je položen od Sesveta do stanice Resnik lijevi kolosijek od stanice Resnik do industrije »Chromos« desni kolosijek, a odavle ide lijevim kolosijekom do stanice Žitnjak. Od stanice Žitnjak na most i preko mosta su dva kolosijeka, gdje se za ranžirni kolodvor i Vel. Goricu račva po jedan kolosijek.

Predviđa se da će iz ranžirnog kolodvora u Vel. Goricu voditi poseban kolosijek, pa je pri izvedbi nadvožnjaka za nj ostavljeno mjesta.

Izgradnjom obilazne pruge i ranžirnog kolodvora moraju se iznova spojiti svi industrijski kolosijeci istoka na stanicu Resnik i Žitnjak, što treba da uslijedi naredne godine, čime će se i dosadašnja dispozicija bruta iz osnova mijenjati.

armiranobetonski podvožnjak, projektant Ing. Brigljević. Raspon mosta je 8,53 + 11,57 + 53 m. Ispod mosta je cesta širine 3 m i mjesto za budući kolosijek za Savsku luku. U km 13 + 520 nalazi se armiranoebtonski nadvožnjak iznad ceste Zagreb-Vel. Gorica, projektant Ing. Živanović. Raspon 7,8 + 9,4 + 7,8 m. Kolovoz na mostu je 7 m, pješačka staza 3 m s jedne strane i zaštitna traka

Sl. 3: Podvožnjak teretno-obilazne pruge Sesvete—Vel. Gorica

od 0,6 m s druge strane. Ispod mosta ostavljeno je mjesta i za kolosijek ranžirnog kolodvora — Vel. Gorica.

Važniji objekti na obilaznoj pruzi: Na izlaznoj liri stanice Sesvete ka Zagrebu već je izvršena rekonstrukcija. U km 434 + 160 pruge Beograd — Zagreb, odnosno km 0 + 590 teretne obilazne pruge izveden je armiranobetonski nadvožnjak, raspona 10,5 + 21 + 10,5 m, projektant Ing. Šavor. Nadvožnjak će služiti cestovnom saobraćaju Varaždin-autoput Zagreb-Beograd. Podvožnjak km 4 + 235, čiji je projektant Ing. Lazarus, nalazi se na stanici Resnik. Ispod njega prolazi devijacija puta Resnik-Gaj, kao novi spoj autoputa Beograd-Zagreb s Dubravom preko Resnika. U km 4 + 769 nalazi se podvožnjak na autoputu Zagreb-Beograd, projektant prof. Ing. Tonković. Podvožnjak se siječe s putom pod kutom 56°13'. U statičkom pogledu to je ploča elastično upeta na krajevima nezavisno od položaja stupova ispod ploče. Upornjaci su betonski, a i stupovi u temelju, dok van temelja imaju čelični plast. U km 9 + 872 je najveći objekat u gradnji. To je most preko Save, čiji su projektanti Ing. Kokanović i Kovačević za stupove, a Ing. Jeftović i Marković za čeličnu konstrukciju. Ovaj most, kao i svi ostali, pravljen je za osovinski pritisak od 24 tone. Most je dvokolosiječan. Stupovi su betonski i konstrukcija čelična St. 37, dijelom zakovana, a dijelom zavarena. Težina konstrukcije je 1800 t. Ispod srednjeg dijela bit će montirana reviziona kolica. Tisina glavnih nosača na srednjem dijelu je 3,96 m, a na krajevima 2,8 m. Razmak glavnih nosača je 9,1 m i obostrane pješačke staze 1,3 m. Razmak kolosijeka na mostu je 4 m, a kolovoz je upušten. U km 10 + 435 je

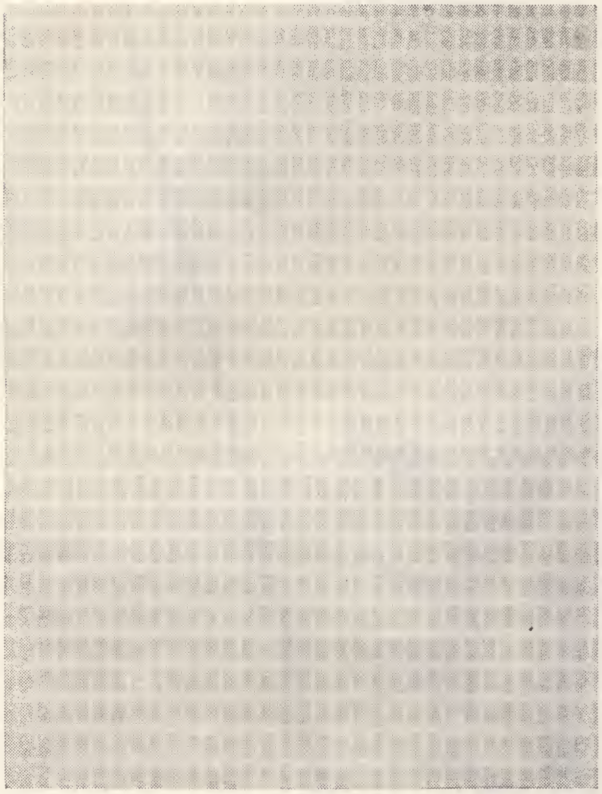
Predviđeno je da se radovi priključnih pruga i ranžirnog kolodvora završe 1969. Prema proračunu (iz god. 1964.) za taj će se pothvat utrošiti oko 16 milijardi s.d. Međutim, zbog složenosti objekta i sinhroniziranja radova s radovima koje treba obaviti u samom gradu, definitivna izgradnja neminovno će se produžiti.

Izgradnjom ranžirnog kolodvora na sektoru Mičevac-Klara uklonit će se sadašnji ranžirni kolodvor — Borongaj, dok Zagreb Istočni kolodvor mora ostati sve dok se ne izgradi teretni kolodvor loko-istok u Žitnjaku kod Tvornice papira.

U vezi s tim radovima ove je godine počeo rad na nadvožnjacima u Heinzelovoj ulici i Sveticama zbog dizanja pruge kroz sam grad (od podvožnjaka u Branimirovoj ulici do iza stajališta Maksimir) u obliku vijadukta s otvorima od po 7,5 m, u ukupnoj duljini od 1689,60 m. U vijaduktu su i dva podvožnjaka, od kojih jedan u Sveticama s rasponima 10 + 4 × 13 + 10 m, a drugi u Heinzelovoj ulici s rasponima 12 + 4 × 16 + 12 m. Da bi se to izvelo, pomiče se nova pruga za 13 m na jug od današnje pruge.

Kada se sve spomenuto završi, dolazi na red daljnja faza izgradnje. Naime, treba riješiti zapadni dio čvora spojem Hrv. Leskovac s Podsusedom. Time će se teretni željeznički saobraćaj konačno ukloniti s užeg područja grada Zagreba.

Ing. Ivan Čanić



GRAFIČKO PODUZEĆE

»LIPA MILL«

ZAGREB

Proizvodi:

ZIDNE TAPETE
OTPORNE NA SVIJETLO I VODU

ZIDNE TAPETE omogućuju brzo i suvremeno uređenje stambenih, uredskih i ugostiteljskih objekata

---

Karbon u građevinarstvu